105
K Bende

fehlt Umschlag

Franz Arago's sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Vierzehnter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1859.

Populäre Astronomie

von

Franz Arago.

(Nach der von J. A. Barral besorgten französischen Ausgabe.)

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Vierter Band.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1859.

Populäre Astronomie

mit einigen Nachträgen und Bemerkungen versehen, welche in der französischen Ausgabe nicht enthalten sind.

Vierter Band.

Dreiundzwanzigstes Buch.

Allgemeine Anziehung.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Von allen Resultaten, welche den Ruhm der neuern Astronomie begründet haben, erscheint den mit den Gesetzen der Mechanik des Himmels unbekannten Personen keines so wunderbar, als die Bestimmung der Masse der Gestirne. Wenn daher ein Astronom, der sich die Erklärung der Wunder des Firmaments vor einem gebildeten Publikum zur Aufgabe gestellt hat, beim Beginne seines Vortrages den Fehler begeht, die Zahlenwerthe der Planetenmassen anzuführen; wenn er also z. B. sagt, ich werde beweisen, daß die Sonne, in die eine Schale einer Wage gelegt und der Anziehungskraft der Erde unterworfen, 354936 dem Erdkörper gleiche, in die andere Schale aufgehäufte Kugeln erfordert, um im Gleichgewicht gehalten zu werden: so bemächtigt sich ein lebhaftes Gefühl des Unglaubens seiner Zuhörer, und hört man die Beweisführung des Redners an, so geschieht dies nur, um über seine Gewandtheit Trugschlüsse zu bilden, ein Urtheil zu gewinnen. Indessen ist es eben jener Gegenstand, zu welchem die naturgemäße Reihenfolge der Ideen mich unvermeidlich führt. Ich habe geglaubt, daß ich, wofern ich nicht algebraischer Formeln bedürfte, mir die Genugthuung nicht zu versagen hätte, meinen Lesern eine hinreichend klare Vorstellung von den Verfahrungsweisen zu geben, mittelst deren es gelungen ist, die Planeten zu wiegen. Selbst

wenn ich hier meine Ideen vollständig entwickelte, so würde man sehen, daß ich, obschon in der That sämmtliche fundamentale Principien der Theorie der Anziehung zu erläutern wären, doch weniger fürchtete, nicht verstanden zu werden, als diejenigen, welche geduldig der Beweisführung bis zu Ende gefolgt wären, ausrufen zu hören: Wie, weiter war es Nichts!

Zweites Kapitel.

Gesetze der Anziehung, welche die Körper auf einander ausüben.

Wird ein Körper sich selbst überlassen, so fällt er zur Erde; indeß kann ein träger Körper, d. h. ein solcher, welcher keine willkürliche Bewegung besitzt, und daher gegen Ruhe sowie gegen Bewegung gleichgültig ist, seinen Ort nicht verändern, nicht fallen, sich nicht abwärts bewegen, außer wenn ihn eine Kraft dazu antreibt. Alle Elemente dieser Kraft gehen von den materiellen Theilchen aus, welche unsere Erde bilden, und die Gesammtheit, die Resultirende derselben erzeugt das, was wir Anziehung, Attraction, Gravitation, Schwere dieses Körpers nennen.

Da die Gesammtkraft, welche auf ein bestimmtes angezogenes Molecül wirkt, die Summe der Wirkungen von allen materiellen Molecülen des anziehenden Körpers ist, so wird dieselbe rücksichtlich ihrer Intensität der Anzahl dieser letztgenannten Molecüle proportional sein. Machen wir also z. B. die Annahme, daß unsere Erde, o ne ihre Dimensionen zu verändern, um ein Hundertstel dichter würde, daß sie also in demselben Volumen ein Hundertstel mehr Materie einschlösse: so müßte ihre Anziehungskraft auf die an ihrer Oberfläche befindlichen Körper um ein Hundertstel größer werden als zuvor.

Hiedurch dürfte also der wahre Sinn des folgenden, so häufig gebrauchten Ausdruckes

die Anziehung ist der Masse proportional

völlig klar sein.

Auf welche Weise müßte sich aber eine Aenderung in der Masse, oder was dasselbe sagt, in der Anziehungskraft unserer Erde kund

thun? Dies würde durch eine entsprechende Aenderung in der Geschwindigkeit der fallenden Körper geschehen. Diese Geschwindigkeit (welche man während einer sehr kurzen Zeit als gleichförmig betrachten kann) muß in der That proportional der Kraft sein, die sie erzeugt. Nun verhält sich aber diese Kraft wie die Masse, folglich wird auch jene Geschwindigkeit der Masse proportional sein. Gegenwärtig durchläuft ein schwerer Körper in der ersten Secunde seines Falles zu Paris 4,9 Meter (oder $15^1/_4$ Fuß). Wüchse die Masse der Erde um ein Hundertstel, so würde der in jener ersten Secunde durchlaufene Raum sich ebenfalls um ein Hundertstel vermehren; anstatt 4,9 Meter würde man also $4{,}9 + 0{,}049$ oder 4,949 Meter finden. Jetzt dürfte man ahnen, wie Geschwindigkeiten zur Ermittelung der Massen dienen können. Doch ich will weiter gehen.

Die Größe, um welche ein schwerer Körper infolge der Einwirkung der Erde in einer Secunde fällt, vermindert sich mit der Erhebung über den Boden. Sie ist auf dem Gipfel eines hohen Berges schon merklich kleiner als im Niveau des Meeres. Die Kraft, welche diese Geschwindigkeit erzeugt, d. h. die den materiellen kleinsten Theilchen innewohnende Kraft, nimmt also ab, wenn die Entfernung wächst. Man mußte das Gesetz dieser Verminderung suchen. Die Auffindung desselben ist die Hauptentdeckung Newton's; denn er war es, welcher bewies, daß in der Entfernung 2 die anziehende Kraft eines Körpers 2×2 oder 4mal kleiner ist, als in der Entfernung 1; daß in der Entfernung 3 dieselbe 3×3 oder 9mal kleiner ist, als in der Entfernung 1; daß sie in der Entfernung 10 nur den hundertsten Theil ($10 \times 10 = 100$) von dem in der Einheit der Entfernung ausgeübten Werthe beträgt u. s. f. Da in der Mathematik das Product einer Zahl mit sich selbst das Quadrat dieser Zahl heißt, so lassen sich alle jene besonderen Fälle in den allgemeinen Satz zusammenfassen:

Die anziehende Kraft eines Körpers nimmt proportional dem Quadrate der Entfernungen ab.

Vorhin sahen wir, daß Messungen von Geschwindigkeiten uns zur Bestimmung von Massen führen können, und jetzt haben wir die gebieterische Nothwendigkeit erkannt, die Entfernung in Betracht zu

ziehen, in welcher der Versuch über die Geschwindigkeit angestellt worden ist.

Um übrigens ein Bedenken zu beseitigen, das sich dem Leser in Betreff der Annahme der Entfernungen bei anziehenden Körpern von beträchtlichen Dimensionen darbieten könnte, wird Nachfolgendes hier am rechten Orte sein.

Wenn ein kleiner Körper auf der Erdoberfläche z. B. 10 Meter gehoben, und dann sich selbst überlassen wird, so fällt er, und wir haben die Ueberzeugung, daß dies infolge der individuellen Wirkung geschieht, welche jedes Molecül der Erde auf denselben ausübt. Aber alle diese Molecüle besitzen keineswegs einen und denselben Abstand vom schweren Körper. Die Molecüle der Oberfläche an dem Orte, über welchen vertical der schwere Körper sich befindet, sind gemäß unserer Annahme nur 10 Meter entfernt. Für die im Mittelpunkte der Erde gelegenen Molecüle würde die Entfernung dagegen z. B. auf dem Pantheonplatze 6365417 + 10 Meter, und für die auf der abgewandten Seite der Erde gelegenen nahe das Doppelte dieser Zahl betragen. Man sollte wirklich für unmöglich halten, die Summe der Wirkungen von soviel Milliarden in so verschiedenen Abständen befindlicher Molecüle auf einen einfachen Werth zurückzuführen; und in der That ist die Aufgabe auch unlösbar, wenn der anziehende Körper eine unregelmäßige Gestalt hat; ist letztere dagegen kugelförmig, so wird die Berechnung merkwürdig einfach. Newton hat nämlich das folgende sehr wichtige andere Gesetz bewiesen:

Die Gesammtwirkung aller in dem Raume einer Kugel gleichförmig vertheilten materiellen Molecüle auf einen außerhalb gelegenen Punkt ist dieselbe, als wenn sämmtliche Molecüle im Mittelpunkte der Kugel vereinigt wären.

Sobald es sich also um genau oder annähernd kugelförmig gestaltete Körper handelt, brauchen wir uns nicht um die theils größern, theils kleinern Entfernungen der verschiedenen anziehenden Molecüle vom angezogenen Punkte Sorge zu machen; Alles verhält sich dann gerade so, als ob sämmtliche Molecüle sich im Mittelpunkte der Kugel befänden; der Newton'sche Lehrsatz berechtigt uns von vornherein, nur

eine Entfernung, und zwar die Entfernung jenes Mittelpunktes vom angezogenen Punkte in Betracht zu ziehen.

Nachdem wir bisher die Anziehung des Erdkörpers auf einen in Ruhe befindlichen Körper betrachtet haben, müssen wir nun jetzt auch die Frage, wie die anziehende Kraft der Erde auf einen in Bewegung begriffenen Körper wirkt, der Erörterung unterwerfen.

Gesetzt eine in einer gewissen Höhe aufgestellte Kanone sei vollkommen horizontal gerichtet. Die Kugel wird aus diesem Geschütz auch horizontal austreten; aber ein Jeder weiß, daß sie bald diese Richtung verläßt, daß sie allmälig sinkt und endlich auf die Erde fällt. Niemand zweifelt mehr, daß dieses allmäliche Sinken der Kugel durch die anziehende Kraft der Erde erzeugt wird; es dürfte aber nicht in gleicher Weise bekannt sein, ob diese Kraft in ihren Einwirkungen durch die Geschwindigkeit, mit welcher die Kugel vorwärts geht, Aenderungen erleidet. Ein sehr einfacher Versuch soll uns darüber Aufschluß geben.

Wir wollen annehmen, daß der Kanone gegenüber eine verticale Mauer in solcher Entfernung von ihr stehe, daß die Kugel gerade eine Secunde gebraucht, um dieselbe zu erreichen. Bezeichnen wir nun genau den Punkt, auf welchen die Axe des Geschützes gerichtet ist, den die Kugel also treffen müßte, wenn sie sich in gerader Linie bewegte und während ihres Fluges nicht von der Erde angezogen würde. Der Punkt der Mauer, welchen die Kugel wirklich trifft, wird dann merklich tiefer liegen als der Visirpunkt, und der verticale Abstand des ersten Punktes vom zweiten ist das Maaß für die Wirkung, welche die Schwere innerhalb einer Secunde auf einen Körper ausgeübt hat, der sich mit einer sehr großen horizontalen Geschwindigkeit fortbewegt. Der Versuch gibt für diesen Abstand 4,9 Meter, also genau dieselbe Größe, um welche die in die Höhe gehobene und dann frei sich selbst überlassene Kugel in verticaler Richtung herabfällt.

Wir können uns auch die Mauer in größerer Entfernung von der Kanone stehend denken; gesetzt die Kugel gebrauche zwei Secunden, um sie zu erreichen. Der Punkt, welchen diese Kugel trifft, wird dann noch viel tiefer unter dem Visirpunkte liegen, als im vorhergehenden Versuche; aber jedes Mal wird der Abstand der genannten beiden

Punkte genau gleich sein derjenigen verticalen Höhe, um welche ein sich selbst überlassener Körper unter dem Einflusse der Schwere in zwei Secunden fällt.

Wir können also den allgemeinen Satz aufstellen: **Die Anziehungskraft der Erde übt auf einen in Ruhe befindlichen Körper dieselbe Wirkung aus, wie auf einen in Bewegung begriffenen, wenn jene Wirkung in der Richtung selbst, in welcher die Anziehung erfolgt, gemessen wird.**

Der Mond wird uns ein neues Mittel liefern, um diesen letzten Ausspruch sowie das Gesetz über die Abnahme der Anziehungskraft mit dem Quadrate der Entfernungen zu bestätigen. In der That läßt sich der Mond von Seiten der Astronomen und Mathematiker einfach wie ein geworfener Körper betrachten, der bei Entstehung der Welt mit einer hinreichend starken Kraft, um unaufhörlich um die Erde zu kreisen, fortgeschleudert wurde, ebenso wie es jetzt, wenn die Atmosphäre nicht existirte, eine mit hinreichender Geschwindigkeit nahe an der Oberfläche der Erde horizontal abgeschossene Kugel thun würde.

In C (Fig. 305) stehe die Erde, und um dieselbe bewege sich der Mond z. B. in der Richtung von rechts nach links. A sei der Ort,

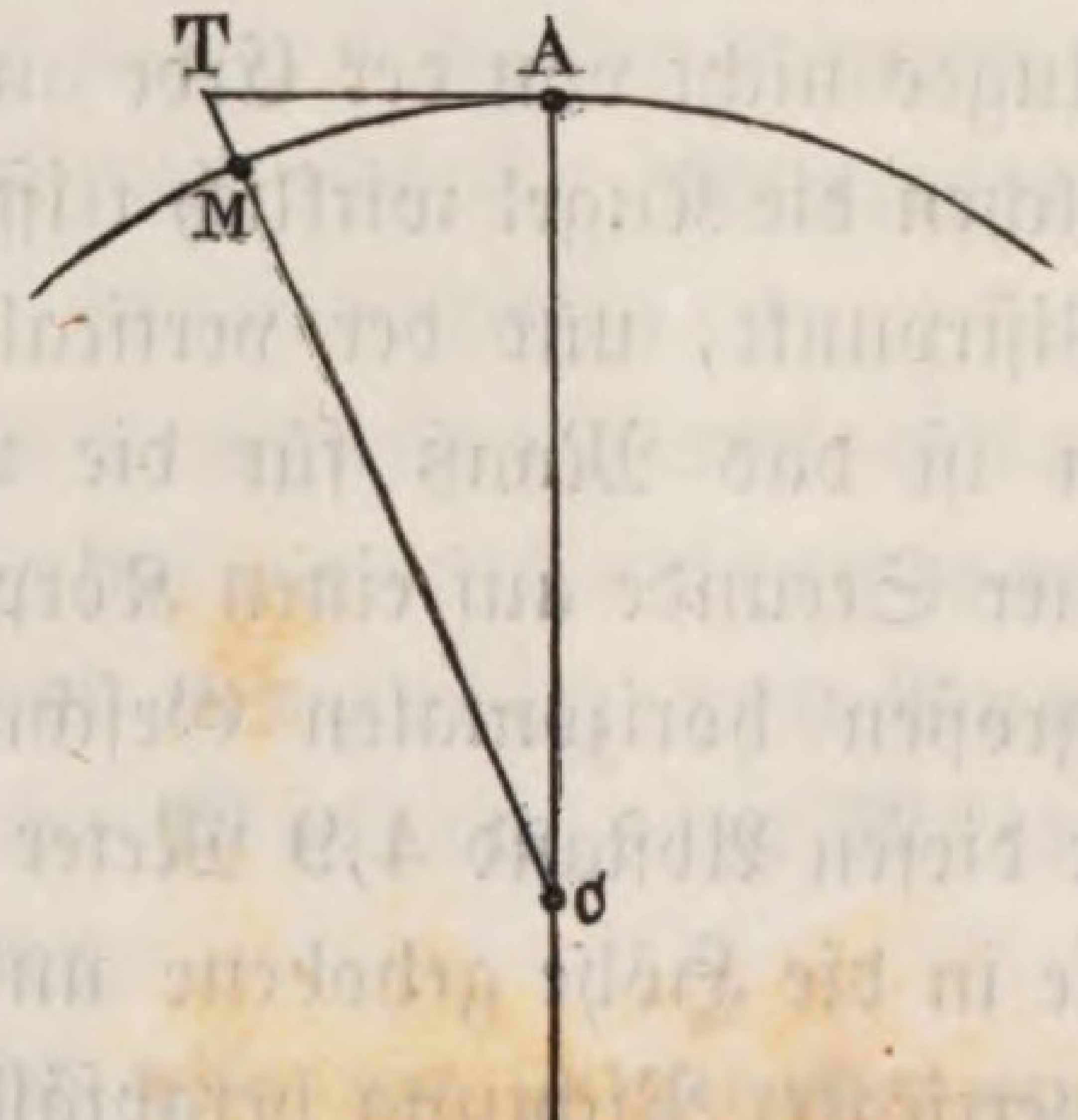


Fig. 305. — Anziehung der Erde auf den Mond.

welchen dieses Gestirn jetzt einnimmt. Im Augenblicke, wo der Mond den Punkt A verläßt, bewegt er sich in der Richtung des kleinen in A befindlichen Elements seiner krummlinigen Bahn, d. h. in der Richtung

der geradlinigen Tangente AT. Indeß wird der Mond den Radius CT (fast hätte ich anstatt des Radius wie vorher bei der Kugel verticale Mauer gesagt) nicht in T, sondern vielmehr in M treffen. Nun hat aber der Mond die Richtung AT, in welcher er sich bewegt, nicht verlassen können, ohne daß eine Kraft ihn von dieser ersten Bahn ablenkte; und diese Kraft ist keine andere, als die anziehende Kraft der in C befindlichen Erde; sie hat auf unsern Satelliten während des Zeitraumes gewirkt, welchen dieser Himmelskörper gebraucht hat, um vom Radius CA auf den Radius CMT zu gelangen, sie hat ihn angezogen, ihn um die Größe TM, der Entfernung vom Visirpunkte T (wenn ich mich so ausdrücken darf) bis zu dem wirklich von dem Monde getroffenen Punkte M, fallen lassen.

Der Beweis dieses Ausspruches wird durch folgende Beobachtungen und Rechnungen geliefert.

Mittelst eines directen Verfahrens bestimmt man den Winkel, welchen der von der Erde in einem gewissen Zeitpunkte nach dem Monde gezogene Radius CA mit dem eine Zeitsecunde später nach demselben Gestirne gerichteten Radius macht. Der Radius CA, der Abstand des Mondes von der Erde, ist in Meilen oder Metern bekannt. Dann muß man (was nicht schwer auszuführen) für den Winkel ACM, welcher die Winkelbewegung des Mondes in einer Secunde mißt, berechnen, um wieviel der Endpunkt der Tangente T von dem auf dem Kreisbogen AM gelegenen Punkte M absteht, d. h. um welchen Bruchtheil eines Meters der Mond in einer Secunde gegen die Erde hin gefallen ist. Die Rechnung ergibt 0,001360 Meter als Fallraum des Mondes.

Der Raum, welchen in Paris ein Körper zurücklegt, wenn er an der Oberfläche der Erde, d. h. in 858 Meilen Entfernung vom Mittelpunkte derselben, frei sich selbst überlassen wird, beträgt 4,9 Meter. Um nun die Größe zu berechnen, um welche er fallen würde, wenn er sich von diesem Mittelpunkte bis in die Region des Mondes, d. h. bis auf 51500 Meilen (Bd. 13, S. 314) entfernte, müßten wir die vorhergehende Zahl im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen verkleinern. Das Resultat dieser einfachen Rechnung gibt den Werth der Größe MT fast völlig genau so, wie wir ihn aus der Geschwindigkeit

des Mondes und den Dimensionen seiner Bahn hergeleitet hatten; denn wir erhalten auf diesem Wege 0,001352 Meter für den Fall des Mondes gegen die Erde in einer Secunde. In der That ist also die Kraft, welche in ihren Wirkungen von uns täglich auf der Oberfläche der Erde beobachtet wird und den Fall schwerer Körper bewirkt, auch diejenige, welche unsern Satelliten in der Bahn, die er um unsere Erde beschreibt, erhält; sie erscheint im Vergleich zu der an der Erdoberfläche wirkenden nur im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen geschwächt, und zwar, wie ich nochmals hinzusetze, ohne daß der Umstand, daß der Mond sich bewegt, dabei in Betracht gezogen zu werden braucht.

Durch die eben erläuterten Rechnungen gelangte der unsterbliche Newton zu seiner großen Entdeckung des Princips der allgemeinen Schwere oder Gravitation.

Newton war es gelungen, den Beweis zu führen, daß eine anziehende Kraft, welche von einem Punkte ausgeht und im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen wirkt, nothwendig einen ihrem Einflusse unterworfenen Körper eine Ellipse oder allgemein einen Kegelschnitt, in dessen einem Brennpunkte der anziehende Punkt steht, beschreiben läßt. Gleichen die durch eine solche Kraft erzeugten Bewegungen genau den Bewegungen der Planeten, sowohl in Bezug auf die Geschwindigkeit in jedem Punkte, als auch in Bezug auf die Gestalt der Bahn? Dies mußte nachgewiesen werden, wenn das große Geheimniß des Weltsystems entdeckt werden sollte. Newton entschloß sich, diesen Nachweis an der Bewegung des Mondes zu führen, der in seiner allmonatlich durchlaufenen Bahn durch eine nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtete Kraft gehalten werden sollte. Diese Kraft mußte derjenigen genau gleich sein, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde zum Niederfallen antreibt, nur vermindert im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen. Um jedoch diese höchst einfache Rechnung ausführen zu können, bedurfte es der Kenntniß des Erdhalbmessers. Als nun Newton 1665 und 1666 seine Theorie der entscheidenden Prüfung durch die Erfahrung unterwerfen wollte, waren die damals über die Größe der Erde vorliegenden Angaben zu ungenau, so daß er mit ihnen einen um $1/6$ größeren Werth erhielt

als solcher aus der Umlaufsbewegung unseres Satelliten folgte. Zum Glück hatte aber Picard 1669 endlich einen sehr genäherten Werth für die Länge eines Meridiangrades erhalten (Bd. 13, S. 11) und als im Jahre 1680 die Resultate des französischen Akademikers in der königlichen Gesellschaft zu London mitgetheilt wurden, beschloß Newton seine Rechnung über die Größe, um welche der Mond in einer Secunde gegen die Erde fällt, wieder aufzunehmen. Diesmal stimmte die Rechnung vollständig mit der großartigen Idee Newtons, daß die Schwere mit dem Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde abnimmt, überein. Es wird erzählt, daß diese Uebereinstimmung den berühmten Verfasser des Werkes Philosophiae naturalis principia mathematica in eine solche nervöse Aufregung versetzte, daß er seine Rechnung nicht zu prüfen vermochte, und sich genöthigt sah, dazu die Hülfe eines Freundes in Anspruch zu nehmen.

Die Idee, alle Erscheinungen im Universum von einem einzigen Principe abhängig zu machen, war nicht neu; sie wird in allen physischen Schriften des Aristoteles angetroffen. „Aber,“ bemerkt mein Freund Alexander von Humboldt, „der mangelhafte Zustand des Wissens, die Unbekanntschaft mit der Methode des Experimentirens, d. h. des Hervorrufens der Erscheinungen unter bestimmten Bedingnissen, hinderte selbst kleine Gruppen physischer Processe in ihrem Causalzusammenhange zu erfassen. Alles wurde reducirt auf die immer wiederkehrenden Gegensätze von Kälte und Wärme, Feuchtigkeit und Dürre, primitiver Dichtigkeit und Dünne; ja auf ein Bewirken von Veränderungen in der Körperwelt durch eine Art innerer Entzweiung (Antiperistase), welche an unsere jetzigen Hypothesen der entgegengesetzten Polarität, an die hervorgerufenen Contraste von + und — erinnert [1]).“

Plato hatte von der allgemeinen Anziehung eine weniger unklare Vorstellung als Aristoteles; zur Idee von der Einheit des Weltsystems hat sich der große Philosoph aber nicht erhoben. „Er hat,“ sagt Th. H. Martin in seiner schönen Arbeit über den Timäus, „allerdings gesehen, daß der Erdkörper auf allen Seiten ein Anziehungsmittelpunkt für die schweren Körper ist, welche man von ihm trennt, und dem Anaxagoras gegenüber bewiesen, daß keine Hemisphäre

mehr obere oder untere ist als die andere (entgegengesetzte); da er aber die Flamme gegen den Himmel sich richten sah, konnte er nicht glauben, daß sie nach demselben Centrum wie das Wasser und die Steine angezogen würde. Infolge dessen nahm er an, daß Körper von derselben Beschaffenheit sich wechselseitig anziehen." Nach Plato gibt es vier Arten von Körpern, und für jede dieser vier Arten existirt eine besondere Region, wo sich die Hauptmasse einer jeden von ihnen findet, und in der alle im Weltall zerstreuten Theilchen von derselben Beschaffenheit sich zu vereinigen streben.

Die Vorstellung von Symmetrie verdrängte bei den meisten griechischen Philosophen die Vorstellung einer Anziehung; Stoiker, Epikuräer, Peripatetiker stimmten in der Ansicht überein, daß die Körper nach dem Mittelpunkte der Welt streben; gaben aber zu, daß die leichtern genöthigt würden, den schwereren zu weichen. Die schöne Entdeckung des Archimedes, daß jeder in Wasser getauchte Körper so viel von seinem Gewichte verliert, als ein ihm gleiches Volumen Wasser wiegt, konnte nur eine neue Verwirrung in die Meinung der Philosophen bringen, und Cicero weiß nicht, ob nicht die Flamme und die Luft, die aufwärts steigen, blos durch die schwereren Körper zurückgestoßen oder naturgemäß nach den obern Regionen hingezogen werden. „Was Ptolemäus betrifft," sagt Th. H. Martin in der Darlegung von Plato's System, „so behauptete er in seiner Abhandlung von dem Falle der Körper, welche von Simplicius angeführt wird, daß es vier Regionen gäbe, wo die Masse jedes der vier Elemente in der Natur sich zu vereinigen strebe, daß die Schwere die durch dieses Streben erzeugte Kraft sei, und daß also jede Art von Körpern in ihrer eigenen Region, z. B. das Wasser im Wasser, gar kein Bestreben zu einer Ortsveränderung zeige, d. h. ohne alle Schwere sei, und beruft sich auf die Erfahrung der Taucher, welche das Gewicht des Wassers nicht empfinden."

Plutarch hat in das platonische System eine glückliche Modification eingeführt. Aus dem Princip der Anziehung des Gleichartigen schließt er, daß das Ganze den Theil anziehe; daß also die Erde die irdischen, der Mond die lunarischen, die Sonne die auf ihr befindlichen und ebenso die übrigen Himmelskörper die zu ihnen gehörigen

Substanzen anziehen; er geht indeß nicht bis zu der Annahme, daß alle Himmelskörper einander anziehen, glaubt aber Grund zu der Untersuchung zu haben, weshalb der Mond nicht auf die Erde fällt. Er sagt:

„Indeß ist es die Bewegung des Mondes und die Gewalt seines Umschwunges, welche ihn vor dem Herabfallen schützt, ebenso wie die Steine und Kiesel und was man sonst in eine Schleuder legt, zu fallen verhindert wird, wenn man letztere heftig im Kreise herumschwingt. Denn jeder Körper bewegt sich gemäß seiner natürlichen Bewegung, wenn keine andere Ursache vorhanden ist, die ihn ablenkt. Dies ist der Grund, weshalb der Mond sich nicht gemäß der Bewegung seiner Schwere bewegt, indem seine Neigung zu fallen durch die Gewalt seines kreisförmigen Umlaufs abgewiesen und verhindert wird [2]."

Im Laufe der Zeit klärte sich die Idee der allgemeinen Schwere immer mehr. Vorhin haben wir die Meinungen des Plato und Aristoteles, 400 Jahre vor unserer Zeitrechnung kennen gelernt. Im sechsten Jahrhundert spricht Simplicius die Ansicht allgemein aus, daß das Gleichgewicht der Himmelskörper davon abhänge, daß die Centrifugalkraft das Uebergewicht habe über die Kraft, welche diese Körper nach den untern Regionen ziehe. Um dieselbe Zeit schreibt Johann Philopon, Schüler des Ammonius Hermeas, die Bewegung der Planeten einem ursprünglichen Impulse und einem constanten Triebe zu fallen zu. In der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts glaubt Kopernikus, daß die Schwere eine natürliche Anziehung sei, welche aus jedem Himmelskörper ein Centrum mache, das auf das übrige Universum wirke. Dies war eine neue klar ausgesprochene Ansicht, welche Keppler bald darauf zum ersten Male der Rechnung unterwarf. Der berühmte Entdecker der Gesetze der planetarischen Bewegungen kann aber nur eine ungenaue Schätzung der gegenseitigen Schwere der Erde und des Mondes im Verhältniß ihrer Massen geben. „Denn," wie Delambre bemerkt, „infolge einer schwer begreiflichen Unachtsamkeit oder vorgefaßten Meinung glaubte Keppler, daß die Anziehung im Verhältniß der einfachen Entfernung wachsen müßte, obgleich er ganz bestimmt erklärt hatte, daß die Intensität des Lichtes

im Verhältniß der Oberflächen, auf denen es sich vertheilt, d. h. im Verhältniß des Quadrates der Entfernung, abnimmt.“ So hat Keppler an Newton den Ruhm überlassen, die physische Ursache, welche die Planeten geschlossene Bahnen durchlaufen läßt, aufzufinden, und in Kräfte das Princip der Erhaltung der Welt zu legen.

Drittes Kapitel.

Bestimmung der Sonnenmasse.

Nach den im vorhergehenden Kapitel gegebenen Erläuterungen können wir uns jetzt zu der Frage über die Bestimmung der Sonnenmasse im Vergleich zur Masse der Erde wenden.

Ein Himmelskörper, welcher bei demselben Abstande in der ersten Secunde einen doppelt, dreifach . . . , hundertfach größern Fall gegen seinen Mittelpunkt erzeugte, würde offenbar eine doppelt, dreifach . . . , hundertfach größere Masse besitzen als die Erde. Die Frage ist also auf folgende zurückgeführt: Durch welchen Raum treibt in einer Secunde die Sonne einen fallenden Körper gegen ihren Mittelpunkt, wenn derselbe ebensoweit wie unsere Erde von ihr entfernt ist? Auf den ersten Blick muß die eben gestellte Frage unlösbar erscheinen, weil wir uns behufs der Anstellung von Versuchen über den Fall schwerer Körper nicht auf die Oberfläche der Sonne begeben können; sie findet indeß ihre directe und unmittelbare Lösung in den Vorgängen bei der jährlichen Umlaufsbewegung der Erde. Zufolge dieser Bewegung beschreibt die Erde in 365¼ Tagen um die Sonne eine fast kreisförmige krumme Linie, deren Halbmesser 20000000 Meilen (Bd. 13, S. 281) übersteigt. Dividiren wir die 360 Grade, in welche dieser Kreisumfang getheilt wird, durch die Anzahl der in 365¼ Tagen enthaltenen Secunden, so wird der Quotient den sehr kleinen Bruchtheil eines Grades angeben, um welchen die Erde in einer Zeitsecunde in ihrer Bahn fortrückt. Gehen wir nun zu der S. 8 befindlichen Figur 305 zurück, versetzen die Sonne nach C, die Erde nach A, machen den Winkel ACM gleich der Winkelbewegung der Erde in einer

Secunde, und nehmen den Halbmesser der Bahn CA zu 20000000 Meilen, so werden wir ohne Schwierigkeit in Bruchtheilen von Meilen oder Metern die Größe TM berechnen können, um welche die Erde durch die Anziehung der Sonne gegen den Mittelpunkt der letztern in einer Secunde fällt. Kurz zuvor habe ich diesen Werth für den Fall auf unserer Erde angegeben; wir wissen, daß dieselbe einen ungefähr 858 Meilen von ihrem Mittelpunkte entfernten Körper in einer Secunde um 4,9 Meter abwärts treibt, und werden nun nach dem Gesetze der Quadrate der Entfernungen leicht berechnen, wieviel ein Körper in demselben Zeitraume gegen die Erde fallen müßte, wenn er 20000000 Meilen entfernt wäre. Sind aber die Abstände in beiden Fällen gleich, so müssen die Fallräume den Massen proportional sein. Berechnet man also durch eine einfache Division, wie oft der Fallraum gegen die Erde in dem Fallraume gegen die Sonne enthalten ist, so erfährt man, wie viele Erdkugeln erforderlich sind, um eine der Sonne gleiche Masse zu erhalten. Dies ist wenigstens im Princip, wenn auch nicht der Form nach der Weg, auf welchem man die bereits S. 3 dieses Buches angeführte Zahl 354936 gefunden hat.

Welche Elemente sind erforderlich gewesen, um dies Resultat zu erreichen? Die Winkelbewegung unserer Erde um die Sonne in einer Zeitsecunde und der Werth des Halbmessers der Erdbahn in Meilen ausgedrückt; Nichts weiter. Wir kannten aber die Gesetze der allgemeinen Schwere, die proportional den Massen und umgekehrt proportional den Quadraten der Entfernung wirkt. Ohne Newton's großartige Entdeckung hätten solche Aufgaben nicht einmal gestellt werden können. Bereits im 11. Bd. S. 408 ff. habe ich gezeigt, daß die Beobachtung der Bewegungen der Doppelsterne den Beweis für die Allgemeinheit der Newton'schen Attraction liefert, und daß man ebenso wie wir es jetzt für die Sonne ausgeführt haben, auch die Massen der Sterne, deren relative Bewegungen bekannt sein werden, muß berechnen können.

Viertes Kapitel.

Störungen der Planetenbewegungen.

Wenn man einen Planeten als vom Mittelpunkte der Sonne angezogen betrachtet, so gehorcht er streng den Keppler'schen Gesetzen, und die von Newton in den ersten Kapiteln seines unsterblichen Werkes entwickelten Principien geben über alle Bewegungen seines Laufes Rechenschaft. Die den Massen direct, den Quadraten der Entfernungen aber umgekehrt proportionale Anziehung liefert eine vollständige Lösung der Bewegungen zweier einander anziehenden Himmelskörper: jeder Planet beschreibt mit großer Genauigkeit die Keppler'sche Ellipse um die Sonne, die in einem ihrer Brennpunkte steht; der Radiusvector, welcher den Planet mit der Sonne verbindet, überstreicht den Zeiten proportionale Flächenräume, und die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Cuben ihrer mittlern Abstände von der Sonne (Bd. 12, S. 199 ff.). Dabei blieb Newton aber nicht stehen; vielmehr gab er seiner großen Entdeckung eine Allgemeinheit, welche die Keppler'schen Gesetze nicht verlangten; er nahm an, daß die verschiedenen Planeten nicht allein von der Sonne angezogen würden, sondern sich auch unter einander anzögen. Durch diesen großartigen Gedanken stellte Newton im Weltraume Ursachen auf, welche unvermeidlich eine Harmonie stören mußten, die man zu vorschnell als vollkommen betrachtet hatte. Den Astronomen mußte alsbald auf den ersten Blick einleuchten, daß in keiner Region des Weltenraumes, weder nah noch fern, die Keppler'schen Bahnen und Gesetze zur genauen Darstellung der Erscheinungen ausreichen könnten, daß vielmehr die einfachen regelmäßigen Bewegungen, mit denen die Phantasie schon von Alters her die Gestirne auszustatten sich gefallen hatte, zahlreichen, beträchtlichen und ewig wechselnden Störungen unterworfen wären.

In der That, wenn man, anstatt nur die Anziehung zweier Körper auf einander zu betrachten, deren drei nimmt, so sieht man an der einen Stelle die Anziehung des neuen Körpers die Dimensionen der elliptischen Bahn vergrößern, an der andern verkleinern; an gewissen

Punkten wirkt die neue Kraft in derselben Richtung, in welcher die Bewegung des Gestirns erfolgt, so daß eine Beschleunigung derselben eintritt, während an andern die Wirkung gerade die entgegengesetzte ist. Die Keppler'sche Ellipse erscheint nur noch als eine rohe Annäherung an die wirkliche Bahn eines jeden Planeten; Anzeichen der Ordnungslosigkeit treten an die Stelle des einfachen und regelmäßigen Ganges, auf welchen der Geist bis dahin mit Befriedigung blickte.

Newton hat den Ruhm, mehrere der Planetenstörungen vorhergesehen, ihren Grund nachgewiesen und in ein paar einzelnen Fällen auch ihren numerischen Betrag ermittelt zu haben. Indeß bieten die Principia mathematica nur eine großartige Skizze der wirklichen Bewegungen der Himmelskörper dar; es waren Wunderwerke von mathematischer Analyse nöthig, um die Skizze in ein vollständiges Gemälde zu verwandeln. Der unvergleichliche Scharfsinn Newton's vermochte nicht die zukünftigen Entdeckungen, die unermeßlichen Arbeiten zu ersetzen, welche Clairaut, Euler, d'Alembert, Lagrange und Laplace vollenden mußten, jene fünf berühmten Mathematiker, die sich in die Welt, deren Existenz der unsterbliche Verfasser der Principien aufgedeckt hatte, theilten. Das Problem der drei Körper (unter diesem Namen hat es seine Berühmtheit erlangt) oder die Aufgabe, die Bewegung eines der Anziehung zweier anderen Himmelskörper unterworfenen Gestirnes zu bestimmen, ist zum ersten Male durch unsern Landsmann Clairaut gelöst worden.

Die Störungen der elliptischen Bewegungen der Planeten können in zwei verschiedene Klassen getheilt werden: die einen betreffen die Elemente der Bahnen, und die durch sie bewirkten Veränderungen erfolgen mit außerordentlicher Langsamkeit; sie werden deshalb seculare genannt; es sind die schon früher Bd. 12, S. 232 besprochenen. Die andern Störungen hängen von der Stellung der Planeten theils in Bezug auf einander, theils in Bezug auf ihre Knoten und Perihelien ab, und kehren wieder, so oft diese Stellungen dieselben werden; sie heißen periodische Ungleichheiten, um sie von den secularen zu unterscheiden, welche indeß, wie Laplace gezeigt hat, ebenfalls periodisch sind, deren viel längere Perioden aber nach der großartigen Theorie, welche der berühmte Verfasser der Mécanique

céleste und der Exposition du système du monde gegeben hat, von der gegenseitigen Stellung der Planeten unabhängig sind.

„Die einfachste Art," sagt Laplace, „die verschiedenen Störungen zu betrachten, besteht darin, daß man sich einen Planeten denkt, der sich den Gesetzen der elliptischen Bewegung gemäß auf einer Ellipse bewegt, deren Elemente durch unmerkliche Abstufungen sich ändern, und sich gleichzeitig vorstellt, daß der wahre Planet um diesen eingebildeten Planeten in einer sehr kleinen Bahn, deren Beschaffenheit von seinen periodischen Störungen abhängt, oscillirt."

Diese einfache Vorstellung gibt eine klare Idee von den zwei Arten der von den Astronomen und Mathematikern betrachteten Ungleichheiten.

Die Kenntniß der Sekularstörungen verdanken wir besonders den Arbeiten Newton's und Euler's. Die Excentricitäten der elliptischen Planetenbahnen sind veränderlich, d. h. sie nähern sich ganz unmerklich der Kreisform, oder entfernen sich von derselben. Die Neigungen dieser Ellipsen gegen die Ekliptik oder gegen eine feste Ebene wachsen oder nehmen ab; die Perihelien und die Knoten sind in Bewegung. Werden die geringen Werthe aller dieser Aenderungen, indem sie sich im Laufe der Jahrhunderte summiren, eine Aenderung in dem Weltsysteme, wie es jetzt ist, zur Folge haben? Dieser entmuthigende Gedanke bemächtigte sich Newton's; der unsterbliche Verfasser der Principia ward an seiner Entdeckung zweifelhaft; er ging sogar bis zu der Annahme, daß das Planetensystem in sich nicht die zu einer unbegrenzten Dauer erforderlichen Elemente enthielte; er glaubte, daß eine allmächtige Hand von Zeit zu Zeit eingreifen müßte, um die Ordnung wieder herzustellen. Auch Euler, obgleich in der Kenntniß der planetarischen Störungen weiter als Newton vorgeschritten, nahm noch nicht an, daß das Sonnensystem für eine ewige Dauer eingerichtet sei. Niemals hat sich eine größere philosophische Frage der Wißbegierde der Menschen dargeboten. Laplace ging mit Kühnheit, Beharrlichkeit und Ausdauer ans Werk, und erhielt durch seine scharfsinnige Analyse den Satz, welcher die Erhaltung des Sonnensystems verbürgt, daß nämlich die große Axe jeder Bahn, und folglich gemäß dem dritten Keppler'schen Gesetze auch die Umlaufszeit jedes Planeten

eine constante Größe ist, oder wenigstens nur kleinen periodischen Schwankungen unterliegt. Diese wichtige Folgerung der Analyse, welche die Beständigkeit der mittleren Bewegungen der Planeten nach sich zieht, rührt daher, daß die Planetenbahnen nur geringe Excentricitäten besitzen und gegen einander nur wenig geneigt sind. Im Jahr 1773 gab der berühmte Mathematiker diesen Beweis. Lagrange und Poisson vervollkommneten ihn später, indem sie zeigten, daß er den Beschränkungen, welche Laplace nicht hatte beseitigen können, nicht unterworfen ist. Somit ist also festgestellt, daß die gegenseitige Anziehung der Planeten an der jetzigen Anordnung der planetarischen Welt Nichts ändern kann.

Nach der ersten Abhandlung von Laplace blieben noch mehrere wichtige Fragen übrig, welche derselbe gleichfalls mit glücklichstem Erfolge im Jahre 1784 löste. Er selbst faßt in der Exposition du système du monde diese neue Arbeit folgendermaßen zusammen: „Sind die elliptischen Planetenbahnen stets nahe kreisförmig gewesen und werden sie es immer sein? Sind nicht einige Planeten ursprünglich Kometen gewesen, deren Bahnen sich durch die Anziehung der andern Planeten nach und nach dem Kreise genähert haben? Wird die Abnahme der Schiefe der Ekliptik soweit fortgehen, daß die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt, was eine beständige Gleichheit von Tag und Nacht auf der ganzen Erde zur Folge haben würde? Alle diese Fragen beantwortet die Analyse auf eine genügende Weise. Es ist mir gelungen zu beweisen, daß, welches auch die Massen der Planeten sein mögen, schon vermöge des einzigen Umstandes, daß sie sich alle in derselben Richtung und in wenig excentrischen und gegen einander wenig geneigten Bahnen bewegen, ihre secularen Ungleichheiten periodisch und in enge Grenzen eingeschlossen sind, so daß das Planetensystem nur um einen mittlern Zustand oscillirt, von dem es sich stets nur um eine sehr kleine Größe entfernt. Die elliptischen Planetenbahnen sind daher stets nahe kreisförmig gewesen, und werden es immer sein, woraus folgt, daß kein Planet anfänglich ein Komet gewesen ist, wenigstens wenn man nur die gegenseitige Wirkung der Körper des Planetensystems berücksichtigt. Die Ekliptik wird niemals mit dem Aequator zusammenfallen, und der ganze Spiel-

raum der Veränderungen ihrer Neigung kann drei Grade nicht übersteigen."

Die großartigen so eben aufgeführten Arbeiten von Laplace gestatteten nicht mehr, wenigstens in unserem Sonnensysteme, die Newton'sche Attraction als eine Ursache der Unordnung zu betrachten; allein war es denn unmöglich, daß andere Kräfte sich mit dieser vermischten und jene allmälich anwachsenden Störungen erzeugten, welche Newton und Euler befürchteten? Bestimmte Thatsachen schienen diesen Befürchtungen Gewicht zu verleihen [3]).

Die alten Beobachtungen, mit den neueren verglichen, zeigten eine fortgesetzte Beschleunigung in der Bewegung des Jupiters an, so wie eine nicht weniger auffallende Verlangsamung in der Bewegung des Saturn. Die befremdlichsten Consequenzen ließen sich aus diesen Veränderungen ableiten.

Nach den angenommenen Ursachen dieser Störungen besagt die Behauptung, daß die Geschwindigkeit eines Sternes von Jahrhundert zu Jahrhundert zunehme, nichts Anderes, als daß er sich dem Mittelpunkte der Bewegung nähere. Dagegen mußte sich der Stern von demselben Centrum entfernen, wenn seine Geschwindigkeit abnahm.

So schien durch ein eigenthümliches Geschick unser Planetensystem bestimmt, seine geheimnißvollste Zierde, den Saturn, zu verlieren. Der Planet, welchen ein Ring und sieben Monde auf seinem Pfade begleiten, sollte sich allmälich in jene unbekannten Regionen entfernen, wohin das von den stärksten Fernröhren unterstützte Auge niemals durchzudringen vermag. Auf der anderen Seite würde Jupiter, neben dessen mächtigem Balle unsere Erdkugel so wenig bedeutet, durch einen entgegengesetzten Proceß zuletzt von der glühenden Masse der Sonne verschlungen werden.

Diese verhängnißvollen Prophezeiungen gingen nicht etwa aus bloßen Vermuthungen oder Vorurtheilen hervor. Die Ungewißheit konnte sich allein auf den genauen Zeitpunkt für den Eintritt der Katastrophen beziehen. Indessen wußte man, daß dieselben äußerst entfernt sein mußten, und so nahm das Publikum weder an den gelehrten Abhandlungen über dieses Thema, noch an den lebendigen Schilderungen gewisser Poeten großes Interesse.

Anders die gelehrten Gesellschaften. Ihnen war es schmerzlich, unser Planetensystem seinem Untergange entgegengehen zu sehen: die Akademie der Wissenschaften rief die Aufmerksamkeit der Geometer aller Länder auf diese drohenden Perturbationen. Euler, Lagrange versuchten sich an dieser Frage. Nie erglänzte ihr mathematisches Genie heller und lebhafter; dennoch blieb die Aufgabe ungelöst. Wo die Anstrengungen solcher Geister erfolglos waren, schien nichts als Resignation am Platze, als der Verfasser der Mécanique céleste auftrat und aus zwei von den bisherigen Analytikern nicht beachteten, versteckt liegenden Umständen die Gesetze jener großen Phänomene klar und deutlich herleitete.

Die mathematische Analyse hat nicht vermocht, den Werth der Ablenkungen, welche jeder Planet auf seinem Wege durch die vereinte Wirkung aller übrigen erfährt, in endlichen oder geschlossenen Ausdrücken darzustellen. In dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaften ergibt sich dieser Werth unter der Gestalt einer unbegrenzten Reihe von Gliedern, deren Größe sehr rasch abnimmt, je weiter man sich von den Anfangsgliedern entfernt. In der Rechnung nun vernachlässigt man von diesen Gliedern diejenigen, welche durch ihre Ordnung Größen entsprechen, die unter den Beobachtungsfehlern liegen. Es können aber Fälle eintreten, wo in jener Reihe nicht die Ordnung eines Gliedes allein entscheidet, ob sein Werth klein oder groß wird: gewisse numerische Verhältnisse zwischen den ursprünglichen Elementen der störenden und gestörten Planeten können bei Gliedern, welche für gewöhnlich zu vernachlässigen sind, merkliche Werthe erzeugen. Diesen Fall finden wir bei den vom Jupiter herrührenden Saturnstörungen und bei den Störungen des Jupiters, welche die Anziehung des Saturns hervorbringt. Zwischen den mittleren Bewegungen dieser beiden großen Planeten finden einfache commensurable Verhältnisse statt; die fünffache Geschwindigkeit des Saturns ist sehr nahe der doppelten Geschwindigkeit des Jupiters gleich; die Folge ist, daß Glieder, welche ohne diesen Umstand sehr klein sein würden, beträchtliche Werthe erhalten. Daraus ergeben sich in der Bewegung der beiden Himmelskörper Ungleichheiten von langer Periode, Perturbationen, welche zum Durchlaufen des Cyklus mehr als neun

Jahrhunderte erfordern und welche alle durch die Beobachtungen angezeigten Unregelmäßigkeiten auf das Genaueste darstellen.

Erstaunt man nicht mit Recht, daß in der Commensurabilität der Geschwindigkeiten, mit denen sich zwei Planeten bewegen, eine so mächtige Ursache zu Störungen liegt, daß von dem zufälligen numerischen Verhältnisse, wonach die fünffache Bewegung des Saturns der doppelten Geschwindigkeit des Jupiters nahezu gleich ist, die definitive Lösung einer ungeheuren Schwierigkeit abhängt, über welche selbst Euler's Genius nicht zu triumphiren vermochte und welche Zweifel erregte, ob die allgemeine Schwere zur Erklärung aller Erscheinungen am Himmel ausreiche. Die Feinheit des Gedankens wie das erzielte Resultat sind hier beide gleich bewunderungswürdig.

Später werden wir sehen, wie die Beobachtung der Störungen des Uranus, obgleich dieser Planet erst seit sechzig Jahren bekannt ist, den Beweis von dem Vorhandensein eines störenden Planeten liefert, und durch eine andere nicht minder merkwürdige Leistung der mathematischen Analyse zu der Entdeckung des Planeten Neptun führt.

Fünftes Kapitel.

Störungen der Kometenbewegungen.

In der Geschichte der periodischen Kometen habe ich erwähnt, daß die Anziehungen der Planeten in den Bewegungen jener Himmelskörper Störungen hervorrufen, welche hauptsächlich dadurch sich auffallend machen, daß sie in der Rückkehr zu ihrem Perihelium zwischen den beobachteten und den blos gemäß den Keppler'schen Gesetzen aus ihren elliptischen Elementen berechneten Zeitintervallen beträchtliche Differenzen erzeugen. So läßt die störende Wirkung der Planeten die Dauer der blos nach den elliptischen Elementen berechneten Umlaufszeit des Halley'schen Kometen (Bd. 12, S. 255) um mehr als ein Jahr variiren. Nach den Newton'schen Gesetzen ist übrigens leicht einzusehen, warum die Kometenbahnen durch die Anziehung der Himmelskörper, in deren Nähe sie vorübergehen, beträchtlich modificirt

werden, während sie umgekehrt keine merkliche Veränderung im Laufe der Planeten hervorrufen. Der Grund davon liegt einzig und allein in der relativen Kleinheit der kometarischen Massen (Bd. 12, S. 385). Der Lexell'sche Komet oder der Komet von 1770, der die eigenthümliche Erscheinung darbietet, daß er einen elliptischen Umlauf von sehr kurzer Periode gehabt hat, ohne daß man ihn indeß hat wieder finden können, ist Veranlassung zu einem vollständigen Triumphe für die Theorie der allgemeinen Anziehung geworden (Bd. 12, S. 274). Warum ist dieser Komet, dessen nach den elliptischen Elementen berechnete Umlaufszeit $5^1/_2$ Jahre beträgt, vor dem Jahre 1770 nicht gesehen worden, und warum hat man ihn seit jener Zeit nicht wieder beobachtet?

Lexell bemerkte schon, daß dieser Komet nach seinen Elementen von 1770 im Jahre 1767 nahe beim Jupiter in weniger als $^1/_{58}$ des Abstandes, welcher ihn damals von der Sonne trennte, vorbeigehen mußte, und daß er 1779 bei seiner Rückkehr gegen Ende August demselben Planeten ungefähr 500 mal näher war, als der Sonne, so daß in jener Zeit die anziehende Wirkung der Sonne auf den Kometen trotz ihrer ungeheuren Masse nicht $^1/_{200}$ von der des Jupiter betrug. Sonach unterlag es also keinem Zweifel, daß der Komet im Jahre 1767 und 1779 beträchtliche Störungen erlitten hatte; es war aber noch der Nachweis nöthig, daß diese Störungen numerisch hinreichend groß waren, um den gänzlichen Mangel von Beobachtungen sowohl vor als auch nach 1770 zu erklären.

Die Formeln im vierten Bande der Mécanique céleste geben die analytische Lösung der folgenden Aufgabe: Die jetzige elliptische Bahn eines Kometen ist bekannt, wie war dieselbe früher? was wird später daraus werden, wenn in beiden Fällen die störende Wirkung der Planeten unseres Sonnensystems in Betracht gezogen wird?

Führt man in diese Formeln Zahlenwerthe ein, ersetzt die allgemeinen Buchstabenzeichen, welche darin vorkommen, durch die besondern Elemente des Kometen von 1770, so findet man zunächst, daß seine elliptische Bahn im Jahr 1767 vor seiner Annäherung an den Jupiter nicht eine Umlaufszeit um die Sonne von fünf, sondern von funfzig Jahren erforderte, und sodann, daß 1779 nach seinem Austritt

aus der Anziehungssphäre des genannten Planeten der Komet eine Bahn beschrieb, deren Umfang in nicht weniger als 20 Jahren durchlaufen werden konnte. Gleichfalls ergibt sich aus diesen Rechnungen, daß vor 1767 der Abstand des Kometen von der Sonne während der ganzen Dauer seines Umlaufs niemals geringer gewesen ist als 97 Millionen Meilen, und daß nach 1779 der kleinste Abstand sich auf 64 Millionen Meilen belief; dies war aber noch mehr als hinreichend, um das Gestirn von der Erde aus unsichtbar zu machen[4]).

Wie sonderbar es auch klingen möge, so sind wir dennoch vollständig berechtigt von dem Lerell'schen Kometen zu sagen, daß ihn im Jahre 1767 die Anziehung des Jupiters uns brachte, und daß dieselbe Kraft, indem sie die umgekehrte Wirkung erzeugte, ihn im Jahre 1779 uns wieder raubte.

Sechstes Kapitel.

Vom Aether.

Die Rechnungen, deren Grundlagen wir in den vorhergehenden Kapiteln über die Störungen der planetarischen und kometarischen Bewegungen erläutert haben, setzen voraus, daß die Himmelskörper sich im Leeren bewegen; sie nehmen keine Rücksicht auf die ätherische Substanz, welche das ganze Weltall erfüllt, und deren Schwingungen das Licht bilden. Jedes widerstehende materielle Mittel, in welchem sich ein Körper bewegt, strebt die Dimensionen der von ihm durchlaufenen Bahn zu verringern; mathematisch ausgedrückt, wenn es nicht gelingt, für den erlittenen Widerstand eine compensirende Kraft zu finden, so ist ausgemacht, daß nach Verlauf einer hinreichend großen Zeit, die vielleicht aus mehreren Milliarden von Jahren besteht, die Erde z. B. sich mit der Sonne vereinigen wird. Die Aufsuchung der compensirenden Kraft, falls eine solche überhaupt existirt, verdient wohl die Aufmerksamkeit der Mathematiker zu fesseln. Jedenfalls ist aber leicht zu begreifen, warum man bis jetzt keine wahrnehmbare Wirkung eines widerstehenden Mittels auf die Planeten beobachtet hat, während der Lauf der Kometen auf merkliche Weise davon betroffen wird. Der

Grund liegt darin, daß die Planeten eine hinreichend große Dichtigkeit besitzen; die Kometen dagegen können in ihrem Laufe merklich aufgehalten werden. Um die Richtigkeit der hier gemachten Unterscheidung einzusehen, darf man nur die sehr verschiedenen Entfernungen vergleichen, welche eine Kugel von Blei, von Kork oder ein Federball in der Luft zurücklegen, wenn sie aus einem Gewehrlaufe mit gleichem Gewichte von Pulver, wodurch sie also dieselben Anfangsgeschwindigkeiten erhalten haben, geschleudert werden.

Um die Bahn des Kometen von kurzer Umlaufszeit (Bd. 12, S. 256) theoretisch zu bestimmen, hat Encke auf das Genaueste alle Störungen in Betracht gezogen, welche derselbe durch die Einwirkung der Planeten erfahren konnte. Nichtsdestoweniger zeigen bei jeder Wiederkehr desselben Rechnung und Beobachtung stets Unterschiede in demselben Sinne, die augenscheinlich größer sind als die möglichen Fehler der Messungen.

Die Ursache dieser Nichtübereinstimmung scheint nur in dem Widerstande des Aethers gesucht werden zu können; denn die beiden einzigen Elemente der Bahn, welche von einem Umlaufe bis zum folgenden keine Aenderungen erfahren, sind die Neigung und die Lage des Knotens. Diese Unveränderlichkeit ist eine unvermeidliche Folge unserer Hypothese, denn welche Verringerung in der Geschwindigkeit eines Körpers auch der Widerstand eines Gases veranlassen mag, niemals wird derselbe diesen Körper weder zur Rechten noch zur Linken ablenken, ihn also auch nicht zu einer Bewegung außerhalb der ursprünglichen Ebene seiner Bahn veranlassen können.

Der Einfluß des Widerstandes des Aethers auf die Gesammtdauer von fünf Umläufen des Kometen von kurzer Periode beläuft sich jetzt nach Encke's Untersuchungen auf ungefähr zwei Tage [5]). Wenn dieser Einfluß, wie man doch glauben muß, auch für die übrigen periodischen Kometen von derselben Ordnung ist, so ist deshalb doch keine wesentliche Modification an den Resultaten, zu denen wir bezüglich des Laufes der Haarsterne gekommen sind, anzubringen. Ich hätte also davon absehen können, hier diese neue Art von Störung anzuführen; wenn ich dessenungeachtet davon geredet, so ist dies geschehen, weil besorgte Gemüther diesen noch sehr wenig studirten

Widerstand des Aethers aufgefaßt haben, um daraus den Schluß zu ziehen, daß man nicht mit Sicherheit den Augenblick des Durchganges eines Kometen durch die Ebene der Ekliptik voraussagen könne, und also nicht mit absoluter Zuversicht den Feststellungen über den Lauf des Biela'schen Kometen (Bd. 12, S. 260) von 6¾ Jahr Umlaufszeit, Glauben schenken dürfe. Ich will den gemachten Einwand vollständig und ungeschwächt hier folgen lassen:

Wenn der Komet sich im leeren Raume bewegte, so würde er an einem gewissen Punkte der Erdbahn 31 Tage vor der Erde ankommen. Die naturgemäße Wirkung eines Widerstands besteht eben darin, ihn aufzuhalten; bewegt sich also der Komet im Aether, so wird er den in Rede stehenden Punkt der Erdbahn später als zuvor angegeben erreichen. Sonach darf man behaupten, daß sein kleinster Abstand von der Erde geringer sein wird, als ihn die Berechnung ergibt. Man würde allerdings nicht anzugeben vermögen, auf wie viel sich diese Verringerung beläuft; sollte es aber unmöglich sein, daß unter gewissen physischen Zuständen des Kometen die aus dem Aetherwiderstande hervorgehende Verzögerung einen ganzen Monat auf die ganze Dauer seines Umlaufs betrüge? Die Astronomen haben über diesen Gegenstand bisher nur wahrscheinliche Angaben geliefert, und es ist also der Beweis noch nicht geführt, daß die Erde nicht einen heftigen Stoß erhalten könne.

Ich würde das Ziel verfehlen, das ich mir bei Abfassung dieses Kapitels gesetzt habe, wenn ich Bedenken unbeachtet ließe, die durch einen gewissen Schein blenden können. Glücklicherweise werden wenige Worte hinreichen, um zu zeigen, daß sie auf einem Irrthume rücksichtlich einer unbestreitbaren Thatsache beruhen.

Betrachten wir den Encke'schen Kometen in seiner Bahn und erkennen nochmals ohne Weiteres an, daß der unter Voraussetzung des Leeren berechnete und der beobachtete Ort nicht vollkommen zusammenfallen. Wir wollen nun aber zusehen, in welchem Sinne der Unterschied stattfindet. Nach dem obigen Einwande sollte der wirkliche Ort weniger vorgerückt sein als der berechnete. Thatsächlich findet indeß gerade das Entgegengesetzte statt; bei dem beobachteten Wiederkehren des Kometen mit kurzer Periode ist das Gestirn stets im

Sinne seiner Bewegung (man entschuldige diesen Ausdruck) dem theoretischen Kometen vorgeeilt.

In Bezug auf den Biela'schen Kometen von $6^3/_4$ Jahren Umlaufszeit darf also jetzt nicht mehr davon die Rede sein, daß sein Durchgang durch die Ebene der Ekliptik später erfolge, als die erste Rechnung ergeben hat. Ein Widerstand, analog dem, welchen der Komet von kurzer Umlaufszeit erfährt, würde die Ankunft beim Knoten beschleunigen, und der kleinste Abstand des Gestirns von der Erde müßte verhältnißmäßig zunehmen.

Diese einzige Bemerkung genügt, um die Einwände, deren Erörterung ich mir vorgesetzt hatte, zu widerlegen. Ich habe nur noch zu zeigen, wie eine Beschleunigung in der Bewegung des Kometen das Resultat eines Widerstandes sein kann.

Zunächst will ich zugeben, daß eine solche Beschleunigung ziemlich befremden kann, und daß ein widerstehendes Mittel nur zum Verzögern geeignet scheinen dürfte. Die Schwierigkeit verschwindet indeß, sobald man bemerkt, daß das unmittelbare Resultat der Wirkung eines widerstehenden Mittels auf einen dasselbe durchdringenden Himmelskörper eine Verminderung in der tangentiellen Geschwindigkeit ist, oder was auf dasselbe hinauskommt, in dem, was man gewohnt ist Centrifugalkraft zu nennen; es ist also genau so, als ob die Anziehung der Sonne zunähme. Die nothwendige Folge dieser Zunahme der Anziehungskraft wird stets eine Annäherung des Gestirns an die Sonne, eine Verminderung in den Dimensionen der ursprünglichen Bahn sein. Der Leser weiß aber bereits, daß die Geschwindigkeiten und Abstände aller Gestirne unseres Sonnensystems unter einander nach einem der drei großen unter dem Namen der Keppler'schen Gesetze bekannten astronomischen Principien zusammenhängen; daß die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Cuben der großen Axen der durchlaufenen Ellipsen verhalten. Aus diesem Gesetze geht hervor, daß die Planeten und Kometen sich um so schneller bewegen müssen, je näher sie an der Sonne sind.

Ueberlegt man es recht, so sieht man, daß das vorhin aufgestellte Bedenken daher kam, weil jeder in seinen Gedanken und ohne sich dessen klar bewußt zu werden, die Bahn des Gestirns als unverän-

derlich nahm. Es ist völlig ausgemacht, daß ein Körper, der gezwungen ist eine gewisse krumme Linie infolge eines anfänglichen Stoßes zu durchlaufen, sich im Leeren schneller bewegen würde, als in einer gasartigen Substanz; ein solcher Körper kann aber nicht mit einem Kometen verglichen werden, denn dieser ändert seine Bahn, sobald er einen Widerstand erfährt. Es kann also nichts Auffallendes mehr haben, wenn der letztere früher ankommt. Auch hier findet der Ausspruch Fontenelle's Anwendung, daß, wenn Etwas auf zweierlei Weise sein kann, fast stets diejenige die wahre ist, welche anfänglich die wenigst naturgemäße erschien.

Siebentes Kapitel.

Massen der Planeten.

Wir haben oben S. 14 gesehen, daß die Gesetze der allgemeinen Anziehung es möglich machen, mit Leichtigkeit die Masse der Sonne zu bestimmen. Eine ähnliche Rechnung, wie die damals erläuterte, wird uns die Masse des Jupiters oder überhaupt eines von einem Monde begleiteten Planeten kennen lehren. Wir machen die Voraussetzung, daß der Mond im Vergleich zur Masse des Planeten als ein bloßer materieller Punkt betrachtet werden kann. Sind nun die Dimensionen der Bahn bekannt, so weiß man, um welche Größe der Mond in einer Zeitsecunde gegen den Planeten hin fällt, ein Resultat, woraus sich leicht die Größe herleiten läßt, um welche der Mond in einer Zeitsecunde zur Sonne fallen würde. Diese letztere Größe ist aber auch ohne Schwierigkeit aus den Verhältnissen der Bewegung des Planeten um die Sonne herzuleiten. Die Vergleichung der beiden so erhaltenen Zahlenwerthe wird das Verhältniß der Masse der Sonne zu der des Jupiter kennen lehren.

Verführe man auf gleiche Weise mit den Monden des Saturn und vernachlässigte die Masse eines Mondes gegen die Masse des Planeten, sowie die Masse des Planeten gegen die Masse der Sonne, so erhielte man das Verhältniß zwischen den Massen der Sonne und des Saturn.

Dieselben Schlußfolgerungen lassen sich auf den Uranus und den Neptun anwenden.

Die Massen derjenigen Planeten, welche keine Monde haben, bestimmt man aus den Störungen, welche sie entweder hervorrufen oder selbst erleiden. Man begreift, daß die Beobachtung des wirklichen Laufes des Mars und der Venus z. B., verglichen mit dem gemäß der elliptischen Bewegung berechneten Laufe, Werthe liefert, durch deren Einsetzung in die Formeln für die von nahen Körpern ausgehenden Anziehungen die störenden Massen berechnet werden können. Andererseits begreift man auch, daß die durch den Merkur verursachten Störungen in dem Gange eines periodischen Kometen, wie des Encke'schen, zur Berechnung der Masse dieses Planeten haben führen können.

Diese verschiedenen Methoden dienen übrigens zur Prüfung der bereits erhaltenen Werthe, und ihre gleichzeitige Benutzung erlaubt eine größere Genauigkeit der gesuchten Bestimmungen zu erreichen. Uebrigens finden dieselben auch Anwendung auf unsern Mond und die von unserer Erde in seiner Bewegung verursachten Störungen sind nach denselben Theorien berechnet.

In dem Vorhergehenden habe ich dem Leser die Grundlagen der Verfahrungsweisen erläutert, welche die Astronomen zur Wägung der Körper des Sonnensystems angewandt haben. Die erhaltenen Resultate sind folgende:

		Masse der Sonne gleich 1 gesetzt.	Masse der Erde gleich 1 gesetzt.
Merkur	☿	$\frac{1}{4865751}$	$\frac{1}{13}$
Venus	♀	$\frac{1}{401847}$	$\frac{9}{10}$
Erde	♁	$\frac{1}{354936}$	1
Mars	♂	$\frac{1}{2680337}$	$\frac{1}{8}$
Jupiter	♃	$\frac{1}{1050}$	338
Saturn	♄	$\frac{1}{3500}$	101
Uranus	♅	$\frac{1}{24000}$	15

	Masse der Sonne gleich 1 gesetzt.	Masse der Erde gleich 1 gesetzt.
Neptun ♆	$\frac{1}{17000}$	21
Sonne ☉	1	354936
Mond ☾	$\frac{1}{354936 \times 88}$	$\frac{1}{88}$

In Betreff der kleinen zwischen Mars und Jupiter befindlichen Planeten weiß man nur, daß ihre Massen sehr klein sind.

Nach der Größe ihrer Massen ordnen sich die Körper unseres Sonnensystems folgendermaßen: Sonne, Jupiter, Saturn, Neptun, Uranus, Erde, Venus, Mars, Merkur, Mond.

Achtes Kapitel.

Dichtigkeit der Erde.

Die nach den vorstehend erläuterten Methoden bestimmten Massen der Planeten liefern uns nur Verhältnisse zwischen den großen Körpern des Sonnensystems, ohne uns eine Vorstellung davon zu geben, wie dieselben im Vergleich zu den Massen derjenigen Körper, die wir unter den Händen haben, beschaffen sein mögen. Bekanntlich ist man, um die Massen der verschiedenen Körper, die auf der Erde angetroffen werden, unter einander zu vergleichen, übereingekommen, sie auf die Masse eines gleich großen Volumens Wasser, d. h. auf die Anzahl der in demselben enthaltenen materiellen Punkte zu beziehen. Die Masse eines Cubikcentimeters Wasser, genommen bei der Temperatur seiner größten Dichtigkeit oder bei 4° C., stellt die Einheit der Dichtigkeiten vor. Die Dichtigkeit eines beliebigen Körpers ist das Verhältniß der Masse eines Cubikcentimeters desselben zu der Masse eines Cubikcentimeters Wasser. Die Aufgabe, welche die Physiker und Astronomen sich stellen, wenn sie die Dichtigkeit der Erde suchen, besteht also darin, das Verhältniß der Masse eines mittlern Cubikcentimeters vom Erdkörper zu der eines Cubikcentimeters Wasser zu finden. Dies Problem ist von Cavendish durch merkwürdige, mittelst

einer sogleich näher zu beschreibenden Wage angestellte Versuche gelöst worden. Cavendish machte die Annahme, daß die Gesetze der allgemeinen Anziehung auch auf alle irdischen Körper anwendbar seien. Man kennt nun die von der Erde auf eine an einem gegebenen Orte und um eine gegebene Entfernung vom Mittelpunkte der Erde abstehende kleine Bleikugel ausgeübte Wirkung; dieselbe wird nämlich gemessen durch das mittelst einer gewöhnlichen Wage bestimmte Gewicht der Bleikugel. Wenn man also mittelst einer besonders eingerichteten Wage die Anziehung einer großen Bleikugel auf dieselbe kleine Kugel bei bekanntem Abstande der Mittelpunkte beider genannten Bleikugeln messen kann, so leuchtet ein, daß man, weil die Anziehungen den Massen direct, und dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional sind, eine Relation erhalten muß, in welcher das Verhältniß der Massen der Erde und der großen Kugel die einzige Unbekannte bildet. Die Lösung dieser Frage liefert unmittelbar jenes Verhältniß, woraus sich dann die mittlere Dichtigkeit der Erde ergibt, weil

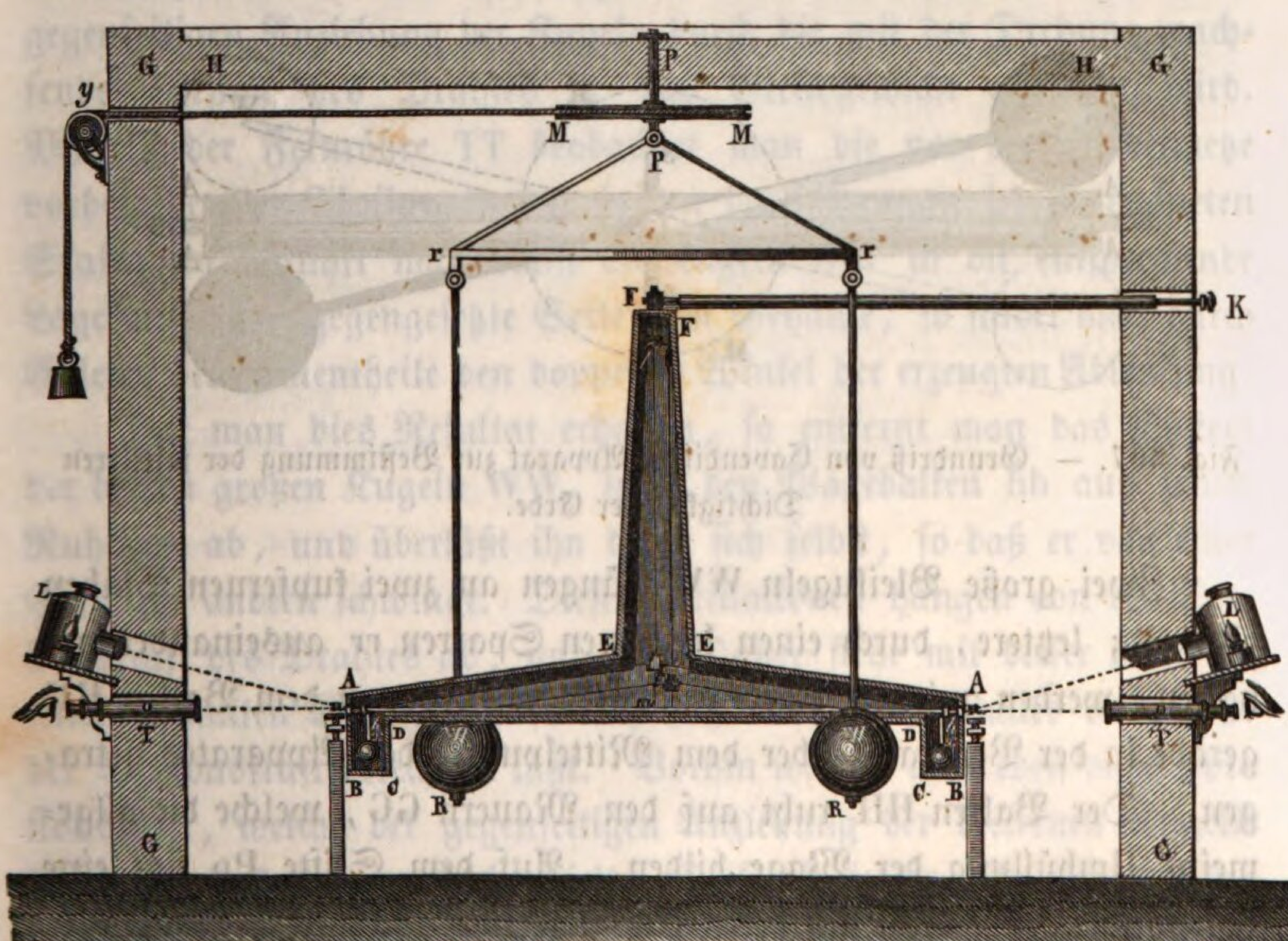


Fig. 306. — Verticaler Durchschnitt von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.

die Dichtigkeit des Bleies bekannt ist. Dies ist die Methode, welche Cavendish angewandt hat, indem er einen Apparat etwas abänderte, der von einem Physiker Namens Michell zu demselben Zwecke ausgedacht war; Michell war aber, bevor er die von ihm projectirten Versuche zu einem glücklichen Ende hatte führen können, gestorben.

Die Fig. 306 stellt den verticalen Durchschnitt und die Fig. 307 den Grundriß von Cavendish's Apparat dar. Zwei kleine Bleikugeln xx sind an den Enden eines aus einer leichten hölzernen Leiste gebildeten horizontalen Hebels oder Wagebalkens hh aufgehangen. Dieser Wagebalken wird in seiner Mitte m von einem Silberdrahte gl getragen, und durch zwei schief gerichtete Silberfäden hg, hg verstärkt, damit er sich durch das Gewicht der Kugeln xx nicht biege. Um Störungen dieses Systems durch Luftzug abzuhalten, ist dasselbe in ein leichtes Gehäuse ABC DDC BAE FFE eingeschlossen, das auf vier Stützen ssss mittelst Stellschrauben, um ihm eine horizontale Stellung zu geben, ruht.

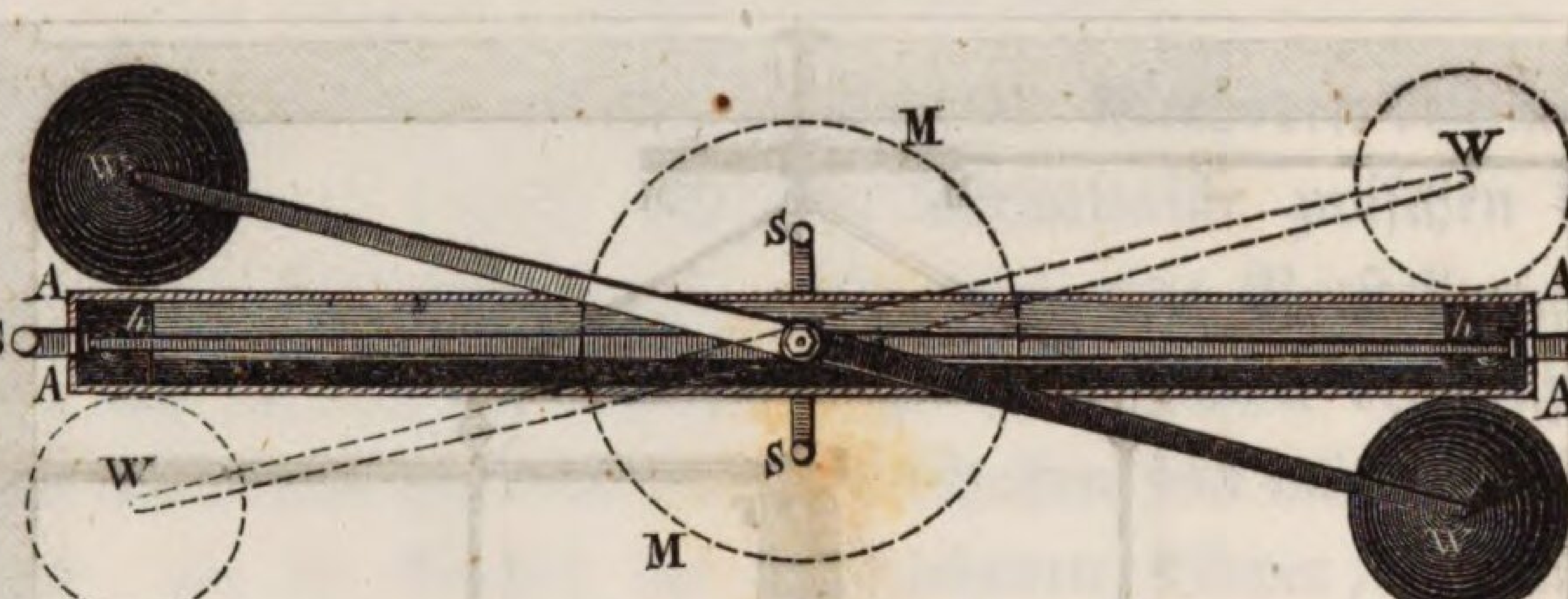


Fig. 307. — Grundriß von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.

Zwei große Bleikugeln WW hängen an zwei kupfernen Stäben rR, rR; letztere, durch einen hölzernen Sparren rr auseinander gehalten, werden mittelst eines drehbaren Stiftes von dem Balken HH gerade in der Verticalen über dem Mittelpunkte des Apparates getragen. Der Balken HH ruht auf den Mauern GG, welche die allgemeine Umhüllung der Wage bilden. Auf dem Stifte Pp sitzt eine horizontale Rolle MM, auf deren Umfange zwei Schnüre befestigt sind, welche durch zwei in der Mauer der großen Kammer angebrachte Oeffnungen laufen, und nachdem sie über die verticalen Rollen y gegangen

sind, durch kleine Gewichte gespannt werden. Um die Rolle in Bewegung zu setzen, und folglich die Kugeln WW in die gewünschte Stellung gegen die kleinen Kugeln xx zu bringen, braucht man nur an einer der beiden Schnüre zu ziehen.

Will man den Apparat gebrauchen, so stellt man zuerst den Wagebalken hh mitten in das kleine Gehäuse, indem man mittelst des Knopfes K den hölzernen Stab KE dreht, der am andern Ende eine Schraube ohne Ende trägt, die in ein gezähntes Rad am Träger des Aufhängedrahtes lg eingreift. Auf diese Weise kann man dem Wagebalken hh jede beliebige Stellung geben, ohne daß der Silberdraht eine Torsion erhält. Während dieser Zeit müssen sich die beiden Kugeln WW in einer auf dem Wagebalken hh senkrechten Ebene befinden, weil sie in dieser Lage keine drehende Einwirkung auf die Kugeln xx ausüben. Nähert man aber die Kugeln WW den kleinen Kugeln xx bis auf eine geringe Entfernung, wie dies in Fig. 307 dargestellt ist, so ziehen sie die letztern an, und diese folgen der Einwirkung so weit, bis der gegenseitigen Anziehung der Kugeln durch die mit der Drehung wachsende Torsion des Drahtes lg das Gleichgewicht gehalten wird. Mittelst der Fernröhre TT beobachtet man die vor dem Fadennetze vorbeigehenden Theilungen der beiden durch Lampen LL beleuchteten Skalen nn. Führt man dann die Kugeln WW in die entsprechende Lage auf die entgegengesetzte Seite vom Gehäuse, so findet man durch Ablesen der Skalentheile den doppelten Winkel der erzeugten Ablenkung.

Hat man dies Resultat erhalten, so entfernt man das System der beiden großen Kugeln WW, lenkt den Wagebalken hh aus seiner Ruhelage ab, und überläßt ihn dann sich selbst, so daß er von einer Seite zur andern schwingt. Diese Oscillationen hängen von der Torsionskraft des Drahtes ab, und ihre Dauer steht mit dieser Kraft in einer bekannten Beziehung, so daß sich durch diese Dauer die Größe der Torsionskraft berechnen läßt. Vorhin war es aber eben diese Torsionskraft, welche der gegenseitigen Anziehung der bleiernen Kugeln W und x das Gleichgewicht hielt. Diese Anziehung ist also jetzt bekannt, und ihre Vergleichung mit der von der Erde auf die Kugel x ausgeübten liefert, wie weiter oben erläutert worden, die gesuchte Dichtigkeit.

Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, daß Cavendish Sorge getragen hat, die Fehler zu verbessern, welche von dem Trägheitsmomente des Wagebalkens, von der Anziehung der Bleimassen auf letzteren, von der Anziehung der kupfernen Stäbe, der Wände des Gehäuses u. s. w. herrühren. Durch eine große Zahl sehr übereinstimmender Versuche fand er die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,448, die des Wassers gleich 1 gesetzt. Aehnliche Versuche sind später in Freiberg von Reich gemacht worden; sie gaben die Zahl 5,4383, welche von dem Resultate Cavendish's nur innerhalb der Grenze der Fehler abweicht, die so feine und schwierige Beobachtungen mit sich bringen[6]).

Neuntes Kapitel.

Dichtigkeiten der Planeten.

Als wir früher vom Merkur (Bd. 12, S. 411), von der Venus (Bd. 12, S. 454) und vom Monde (Bd. 13, S. 313) sprachen, haben wir gesehen, wie durch die Kenntniß der Durchmesser der Himmelskörper und ihrer Entfernungen von der Erde diejenigen Zahlen gefunden werden, welche die Volumina derselben im Vergleich zu dem Volumen der Erde (letzteres = 1 gesetzt) darstellen. Ich will in der folgenden Tabelle die für die hauptsächlichsten Himmelskörper gefundenen Volumina zusammenstellen.

	Wirkliche Durchmesser (Durchmesser der Erde = 1 gesetzt).	Volumina (Volumen der Erde = 1 gesetzt).
Merkur ☿	0,391	0,060 oder $\frac{1}{16,7}$
Venus ♀	0,985	0,957 oder $\frac{1}{1,05}$
Erde ♁	1,000	1,000
Mars ♂	0,519	0,140 oder $\frac{1}{7,14}$
Jupiter ♃	11,225	1414,200
Saturn ♄	9,022	734,800
Uranus ♅	4,344	82,000
Neptun ♆	4,719	110,600
Sonne ☉	112,060	1407124,000
Mond ☾	0,264	0,018 oder $\frac{1}{49}$

Von dem umfangreichsten angefangen ordnen sich hiernach die Körper unseres Sonnensystemes in folgende Reihe: Sonne, Jupiter, Saturn, Neptun, Uranus, Erde, Venus, Mars, Merkur, Mond. Diese Reihenfolge stimmt mit der S. 30 aus der Vergleichung der Massen gefundenen überein; wir wollen nun sehen, ob die Vergleichung der Dichtigkeiten dasselbe Resultat gibt.

Dichtigkeit ist die Masse in der Einheit des Volumens; daraus folgt, daß man die gesammte Masse eines Körpers erhält, wenn man sein Volumen mit seiner Dichtigkeit multiplicirt, und daß man ebenso umgekehrt die Dichtigkeit findet mittelst Division der Zahl, welche die Masse darstellt, durch die Zahl, welche das Volumen ausdrückt.

Verbindet man in letztangegebener Weise die Zahlenwerthe der vorstehenden Tabelle mit den im 7. Kapitel aufgeführten, so erhält man für die Dichtigkeiten folgende Werthe, wobei erstens die Dichtigkeit der Erde, und zweitens die Dichtigkeit des Wassers gleich 1 gesetzt ist.

	Dichtigkeiten (Erde = 1).	Dichtigkeiten (Wasser = 1).
Merkur ☿	1,234	6,71
Venus ♀	0,923	5,02
Erde ♁	1,000	5,44
Mars ♂	0,948	5,15
Jupiter ♃	0,238	1,29
Saturn ♄	0,138	0,75
Uranus ⛢	0,180	0,98
Neptun ♆	0,222	1,21
Sonne ☉	0,252	1,37
Mond ☾	0,619	3,37

Die jetzige Reihenfolge nach den Dichtigkeiten ist ganz verschieden von der nach den Massen oder dem Volumen; von dem dichtesten angefangen ist dieselbe: Merkur, Erde, Mars, Venus, Mond, Sonne, Jupiter, Neptun, Uranus, Saturn.

Das Volumen der Erde beträgt 1081 Quadrillionen Cubikmeter, und folglich das Gewicht 5881 Quadrillionen Tonnen, jede zu 1000 Kilogrammen [7]).

Zehntes Kapitel.

Schwere auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten.

Aus der Allgemeinheit der Anziehung, welche alle Körper wechselseitig auf einander proportional ihren Massen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernungen ausüben, erklärt sich, wie die Körper auf der Oberfläche der Gestirne, auf denen sie sich befinden, zurückgehalten werden. Alle in der Nähe der Sonne, des Mondes, der Planeten befindlichen Körper müssen, sich selbst überlassen, grade so auf die Oberfläche der genannten Gestirne fallen, wie ein auf unserer Erde nahe an der Oberfläche derselben freigelassener Körper auf diese Oberfläche fällt. Nur ist die Größe der Schwerkraft auf der Sonne, dem Monde und den einzelnen Planeten eine verschiedene, da dieselben sehr verschiedene Massen und nicht minder verschiedene Dimensionen besitzen. Nimmt man die Schwere auf der Oberfläche der Erde als Einheit, so findet man ohne Schwierigkeit die Schwere auf der Oberfläche eines anderen Himmelskörpers in unserem Sonnensysteme, wenn man die Masse dieses Körpers (die der Erde = 1 gesetzt) durch das Quadrat seines Halbmessers (den der Erde = 1 gesetzt) dividirt. Führt man die angedeutete Rechnung aus, so erhält man für die Hauptplaneten, die Sonne und den Mond folgende Tabelle:

	Schwere (die an der Oberfläche der Erde = 1 gesetzt).
Merkur ☿	0,51
Venus ♀	0,91
Erde ♁	1,00
Mars ♂	0,50
Jupiter ♃	2,45
Saturn ♄	1,09
Uranus ⛢	1,05
Neptun ♆	1,10
Sonne ☉	28,30
Mond ☾	0,16

Nach der Größe der Schwere an ihrer Oberfläche ordnen sich also

die Hauptkörper des Sonnensystemes folgendermaßen: Sonne, Jupiter, Neptun, Saturn, Uranus, Erde, Venus, Merkur, Mars, Mond.

Die Bedeutung der vorstehenden Zahlen wird leicht verständlich sein, wenn ich hinzusetze, daß ein und derselbe Körper, wenn er an einer Federwage aufgehangen nach einander auf die Oberfläche eines jeden Gestirnes unseres Sonnensystemes gebracht würde, den Zeiger dieser Wage bis auf Zahlen treiben würde, welche den zuvor aufgeführten Schweren proportional sind.

Elftes Kapitel.

Anschauliche Vergleichungen, um richtige Vorstellungen über die Größe des Firmamentes und der daran beobachteten Gestirne zu gewinnen.

Hesiod sagt, der Himmel und die Unterwelt seien gleichweit von der Erde entfernt, der eine nach oben, die andere nach unten, und führt, um eine Vorstellung von der Entfernung zwischen Himmel und Erde zu geben, an, daß ein großer eiserner Ambos, wenn er vom Himmel zur Erde herabfiele, erst am zehnten Tage bei uns ankommen, und dieselbe Zeit nochmals gebrauchen würde, um von der Erde bis zur Unterwelt zu gelangen.

Gegenwärtig hat man die Bahnen der Planeten genau messen gelernt und kann leicht berechnen, daß Neptun, der am weitesten von der Sonne entfernte Planet, 10994 Tage oder mehr als 30 Jahre gebrauchen würde, um den Mittelpunkt der planetarischen Welt zu erreichen, wenn die tangentielle Geschwindigkeit plötzlich vernichtet würde, die ihn in Verbindung mit der Anziehung der Sonne und unter dem Einflusse der andern Planeten in einer Bahn forttreibt, welche die Astronomen nach der Beobachtung und der Theorie ohne Weiteres auszumessen vermögen. Bei einer andern Gelegenheit (Bd. 13, S. 272) habe ich die Zeiten angeführt, in welchen die andern Planeten, wenn allein die anziehende Kraft der Sonne auf sie einwirkte, auf letztere stürzen würden. Der Leser hat ferner gesehen, daß das Licht trotz seiner ungeheuren Geschwindigkeit, mit der es sich fortpflanzt, nicht weniger als 3 oder 4 Jahre gebraucht, um von den näch-

sten Sternen, deren Abstand von unserer Erde wir haben bestimmen können (Bd. 11, S. 374), zu uns zu gelangen. Doch ich kehre wieder zu Vergleichungen mit leichter übersehbaren Größen zurück.

Bekanntlich durchläuft eine Kanonenkugel beim Austritt aus dem Geschützrohre höchstens 400 Meter in der Secunde. Mit dieser Geschwindigkeit würde sie 4000 Meter in 10 Secunden, 3 Meilen in der Minute, 180 Meilen in der Stunde, 4320 Meilen in einem Tage, 1577880 Meilen in einem Jahre, und 18935000 Meilen in 12 Jahren zurücklegen. Um die 20 Millionen Meilen, welche die Erde von der Sonne trennen, zu durchlaufen, würde also eine Kanonenkugel, auch wenn sie ihre ganze anfängliche Geschwindigkeit behielte, mehr als 12 Jahre gebrauchen. Eine ähnliche Kugel würde erst in nicht weniger als 360 Jahren von der Sonne zum Neptun gelangen; um von der Erde bis zum Monde zu kommen, würden 11 Tage ausreichen.

Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne beträgt gegen 4 Meilen, ist also mehr als 76mal größer, als die der Kugel eines Vierundzwanzigpfünders; letztere würde 29 Stunden gebrauchen, um den Erdäquator zu durchlaufen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit unserer Erde beläuft sich auf ungefähr $^1/_{16}$ Meile in der Secunde, oder auf 225 Meilen in der Stunde; ist also etwas größer als die einer Kanonenkugel.

Vielleicht wird eine andere Vergleichung noch auffälliger sein.

Der Verfasser eines im Jahre 1844 unter dem Titel Vestiges of the natural history of creation erschienenen Werkes macht folgende Bemerkung: Wenn das schnellste Rennpferd, von dem jemals die Rede gewesen ist, zur Zeit von Moses Geburt von dem einen Endpunkte eines Durchmessers der Uranusbahn ausgegangen, und seitdem auf dieser graden Linie mit seiner ganzen Geschwindigkeit, und ohne jemals anzuhalten, fortgeeilt wäre, so würde es bis heute erst den Abstand von der Peripherie bis zum Mittelpunkte, also die Hälfte des Durchmessers zurückgelegt haben; das Pferd würde bei der Sonne anlangen.

Ein Professor in Angers, der seinen Zöglingen eine faßliche Vorstellung von der Größe der Erde im Verhältniß zur Größe der Sonne geben wollte, kam auf den Einfall, die Getreidekörner von mittlerer Größe zu zählen, welche in einem Liter (ungefähr $^6/_7$ preuß. Quart)

enthalten sind, und fand ihre Zahl 10000. Ein Dekaliter mußte also 100000, ein Hektoliter 1000000 und 14 Dekaliter 1400000 Körner enthalten. Er schüttete dann 14 Dekaliter (ungefähr 2 preuß. Scheffel) Getreide auf einen Haufen, legte diesem gegenüber ein einziges solches Korn, und wandte sich dann an seine Zuhörer mit den Worten: „Dies das Volumen der Erde, jenes das Volumen der Sonne." Diese Vergleichung überraschte seine Schüler unendlich mehr, als es der bloße Ausspruch des Verhältnisses der abstracten Zahlen 1 und 1400000 gethan haben würde.

Zwölftes Kapitel.

Von der Schwere auf der Oberfläche der Erde.

Im Alterthume herrschten sehr unklare Vorstellungen über die Kraft, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde zum Fallen treibt und von uns mit dem Namen der Schwerkraft bezeichnet worden ist. Galilei gebührt der Ruhm, den Beweis geliefert zu haben, daß diese Kraft an einem gegebenen Orte in gleicher Weise auf alle daselbst befindlichen Körper wirkt, und daß der Grund, warum sehr verschiedenartige Körper für gewöhnlich nicht gleich schnell fallen, nur in dem ungleichen Widerstande, welchen die atmosphärische Luft ihrer Bewegung entgegensetzt, zu suchen ist.

Wenn die Schwere an der Oberfläche der Erde ein specieller Fall der allgemeinen Anziehung ist, so muß sie auf alle auf derselben befindlichen Körper nach den von mir oben (S. 4 ff.) erläuterten allgemeinen Gesetzen wirken. Wir haben nun gesehen, daß die Erde keine vollkommene Kugel bildet, sondern an den Polen abgeplattet und an dem Aequator ausgebaucht ist. Die in den Polargegenden befindlichen Körper sind dem Mittelpunkte der Erde ungefähr um $2^3/_4$ Meilen näher als die unter dem Aequator gelegenen. Da die Erde auf alle an ihrer Oberfläche vorhandenen Körper gerade so wirken muß, als ob ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre, da ferner ihre Anziehungskraft sich proportional mit den Quadraten der Entfernungen vermindert, so sieht man, daß die Schwere am Aequator geringer

sein muß als an den Polen. Außerdem strebt aber noch eine andere Ursache die Intensität der Schwere um so mehr zu vermindern, je mehr man sich dem Aequator nähert. Die Erde dreht sich nämlich mit einer Geschwindigkeit, deren Größe im vorhergehenden Kapitel genannt worden ist, um ihre Axe; aber jeder Körper, der, wie der Stein in der Schleuder, eine schnelle Rotationsbewegung besitzt, hat ein Bestreben, sich von diesem Mittelpunkte zu entfernen. Dieses Bestreben hat man die Centrifugalkraft genannt. An den Polen ist diese Kraft gleich Null, wächst aber in dem Maße, als man gegen den Aequator vorschreitet, und läßt sich in eine Seitenkraft zerlegen, welche der Schwere gerade entgegengesetzt wirkt.

Diese theoretischen Betrachtungen stützen sich auf die Messungen des Erdballes und die Entdeckung seiner Bewegungen. Man wird also das hohe Interesse erkennen, das für die Astronomen sich an die experimentelle Nachweisung ihrer Richtigkeit knüpfen mußte. Die Eigenschaften des Pendels, die im Anfange dieses Werkes (Bd. 11, S. 51) angeführt wurden, haben es möglich gemacht, in dieser Beziehung eine Genauigkeit zu erzielen, auf welche die Freunde der Wissenschaft mit Recht stolz sein können.

Die Aenderungen in der Intensität der Schwere an der Oberfläche der Erde sind nur eine Folge der Gestalt derselben und der Umdrehungsbewegung um ihre Axe. Die Gestalt selbst rührt von dem beständigen Vorhandensein der Umdrehungsbewegung her. Als die Erde einst an ihrer Oberfläche flüssig war (wie wahrscheinlich noch jetzt in einer gewissen Tiefe dieser Zustand vorhanden ist, Bd. 13, S. 192), in jenen um viele Tausende von Jahren, die wir nicht zu berechnen vermögen, von uns entfernt liegenden Zeiten, mußte die Oberfläche unserer Erde durch den Einfluß der Centrifugalkraft eine nach den Gegenden hin, welche in einer durch den Mittelpunkt des Erdballes gehenden und auf seiner Umdrehungsaxe senkrechten Ebene lagen, aufgeschwollene Form annehmen. Diese Aequatorialgegenden behielten später ihre Lage, als die Erdrinde infolge der fortschreitenden Erkaltung unseres Planeten erstarrt war.

Wie dem auch sein mag, die Anzahl der von einem sich selbst überlassenem Pendel in einer gewissen Zeit vollbrachten Schwingungen

hängt von der Intensität der Schwere und von der Länge dieses Pendels ab. Ist der Bogen, in welchem das Pendel schwingt, sehr klein, d. h. entfernt es sich nur bis 2 oder höchstens 3 Grad auf beiden Seiten von der Verticalen, so findet zwischen den zuvor genannten Größen die einfache Beziehung statt, daß das Quadrat der in einer gegebenen Zeit vollbrachten Schwingungen der Intensität der Schwere direct und der Länge des Pendels umgekehrt proportional ist. Daraus folgt, daß die Aenderung in der Intensität der Schwere, oder, was nach den vorhergehenden Erörterungen auf dasselbe hinausläuft, daß die Gestalt der Erde aus der Zahl der Schwingungen abgeleitet werden kann, welche innerhalb 24 Stunden ein und dasselbe Pendel von unveränderlicher Länge an den unter verschiedenen Breiten gelegenen Orten macht, oder aus der Vergleichung der verschiedenen Längen, welche ein Pendel erhalten muß, um an allen diesen Orten eine und dieselbe Zahl von Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu vollbringen.

Es bedarf wohl nicht der Bemerkung, daß die vorhergehenden Aussprüche sich nur auf die Anwendung einfacher Pendel beziehen, d. h. auf Pendel, bei denen der Faden, an dessen Ende die schwingende Masse hängt, gar keine oder eine in Bezug auf jene ganz und gar zu vernachlässigende Masse besitzt. Jedenfalls kennen wir unschwer auszuführende Verfahren, um die Länge desjenigen einfachen oder idealen Pendels zu finden, das eben so schnell schwingt, als das wirkliche oder sogenannte zusammengesetzte Pendel, welches letztere allein beobachtet werden kann. Ein solches einfaches Pendel nennt man das *isochrone* Pendel des angewandten *zusammengesetzten*.

Beide im Princip vorhin angedeuteten Methoden erfordern, daß auf jeder Station ermittelt wird, welche Zahl von Schwingungen das angewandte Pendel in einem mittleren Tage oder Sterntage macht; sie unterscheiden sich nur darin, daß die erste verlangt, daß die schwingende Vorrichtung niemals weder in der Gestalt noch in ihren Dimensionen eine Aenderung erleide, während bei Anwendung der zweiten diese Unveränderlichkeit nicht nothwendig ist, weil die Länge des Pendels nach jeder Beobachtung gemessen wird.

Dem Astronom Richer, Mitgliede der Pariser Akademie, verdan-

ken wir die erste Beobachtung eines Pendels von unveränderlicher Länge zum Nachweise der Aenderung in der Intensität der Schwere an der Oberfläche der Erde; derselbe fand, daß eine in Paris regulirte Uhr in Cayenne jeden Tag um eine merkliche Größe nachging, weil das Pendel, welches den Gang der Uhr regelte, in Cayenne langsamer oscillirte als in Paris [8]). Borda hat sich zuerst der zweiten Methode bedient; sie läßt eine größere Genauigkeit als die Beobachtung des unveränderlichen Pendels zu, erfordert aber eine besondere Aufstellung von großer Feinheit.

Das unveränderliche Pendel besteht im Allgemeinen aus einem kupfernen Cylinder, an dessen Ende eine schwere Linse von demselben Metall unverrückbar festsitzt, weil Cylinder und Linse aus einem Stück gegossen worden sind. Am andern Ende des Cylinders ist eine dünne stählerne Schneide unveränderlich daran befestigt, bestimmt, das Pendel während der Versuche zu tragen. Diese Schneide ruht auf einer vollständig geebneten Achatplatte. Die Fehler, welche in den Beobachtungen durch die in Folge von Temperaturwechseln eingetretenen Aenderungen in der Länge des Pendels und durch den Widerstand der Luft beim Schwingen entstehen, müssen corrigirt werden. Man sieht, daß



Fig. 308. — Platinkugel des von Borda und von Arago und Biot angewandten Pendels.

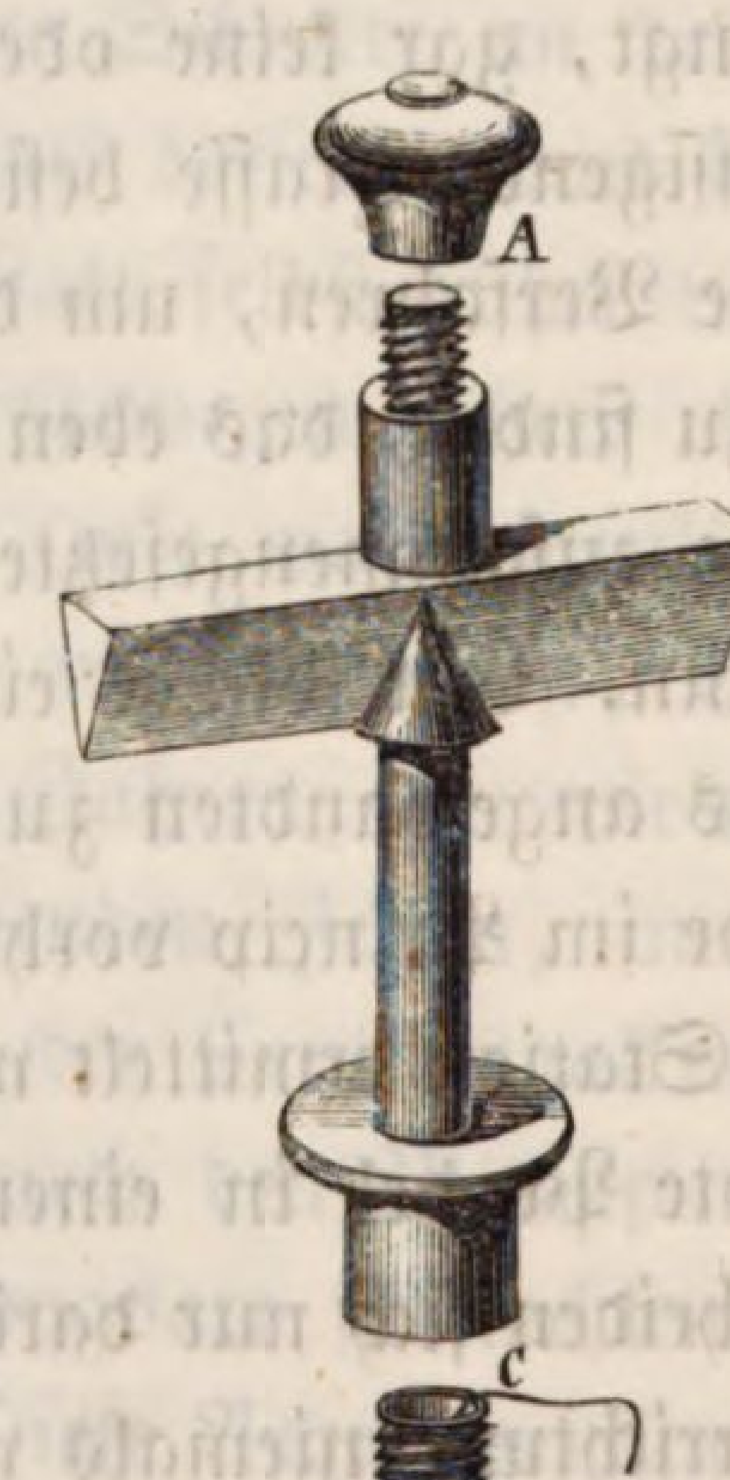


Fig. 309. — Aufhängeschneide an dem Pendel von Arago und Biot.

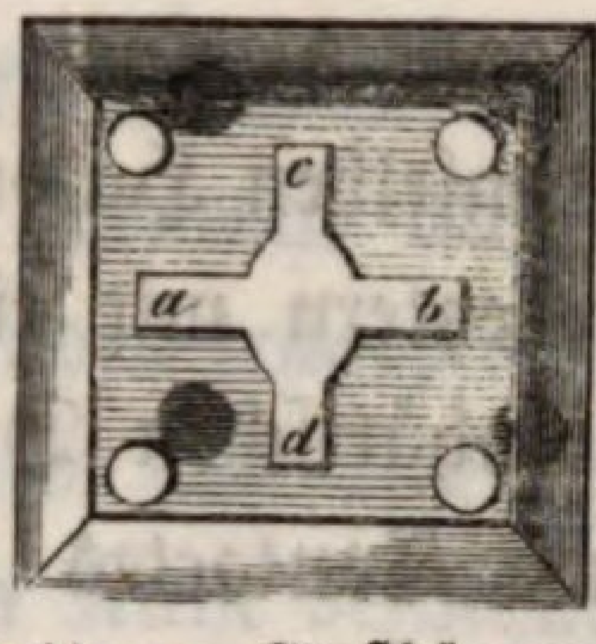


Fig. 310. — Platte zur Aufhängung des Pendels.

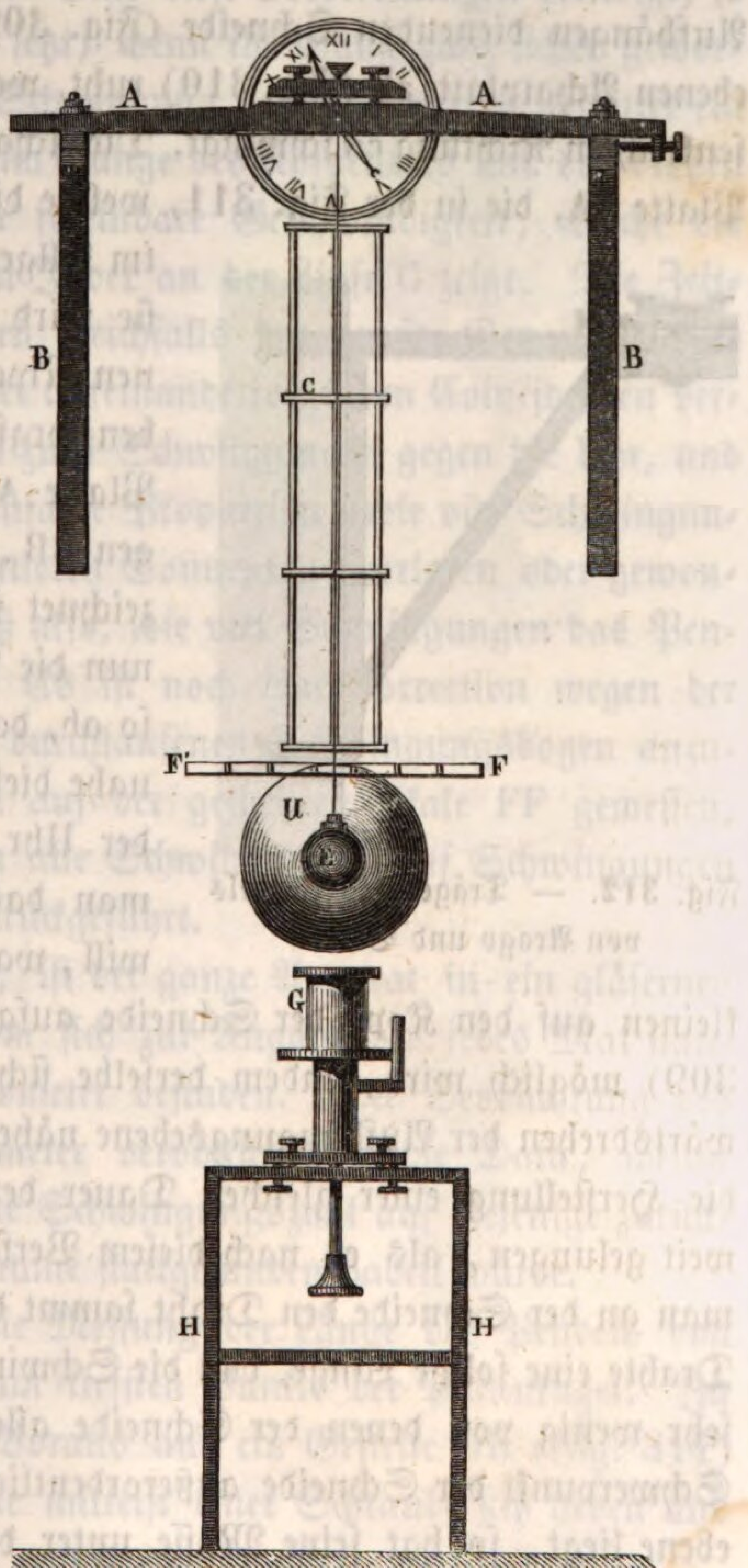


Fig. 311. — Aufstellung des von Arago und Biot angewandten Pendels.

bei Richer's Methode das Pendel ein zusammengesetztes ist, man muß also außerdem noch die Länge des einfachen synchronen Pendels oder eines Pendels von gleicher Schwingungsdauer aufsuchen.

Bei Borda's Methode nähert sich das angewandte einfache Pendel soviel als möglich dem einfachen oder idealen Pendel. Ich lasse hier die Beschreibung eines derartigen Pendels folgen, welches Biot und ich bei den in Spanien angestellten Beobachtungen benutzt haben; sie ist zum größten Theile ein Auszug aus der von Biot im Institut am 27. Juni 1808, einige Zeit nach seiner Rückkehr von Formentera, gemachten Mittheilung. Man lernt daraus die Sorgfalt kennen, die aufgewandt werden muß, wenn die Resultate genau werden sollen. Das Pendel besteht aus einer Platinkugel B Fig. 308, die an einem Metalldrahte a aufgehangen ist. Das untere Ende dieses Drahtes ist durch die Schraube

A' in dem Knopfe A einer sphärischen Calotte VX befestigt; diese Calotte besitzt denselben Halbmesser wie die Kugel, und wird auf die Oberfläche der letztern mit ein wenig Fett aufgesetzt, so daß sie infolge des atmosphärischen Druckes und des durch die Kugelform bewirkten genauen Contactes daran adhärirt. Das obere Ende des Drahtes ist mit dem mit einer Schraube versehenen Stiele C einer zum Aufhängen dienenden Schneide (Fig. 309) verbunden, die auf einer ebenen Achatplatte ab (Fig. 310) ruht, wenn das Pendel in der darauf senkrechten Richtung cd schwingt. Die Achatplatte steht auf einer eisernen Platte AA, die in der Fig. 311, welche die Anordnung des Apparates im Allgemeinen darstellt, sichtbar ist; sie wird mittelst eines kleinen gläsernen Niveau und mittelst Stellschrauben sorgfältig horizontal gestellt. Die Platte AA wird von den Eisenstangen BB, die Fig. 312 im Profil gezeichnet sind, getragen. Man gleicht nun die Masse der Schneide vorläufig so ab, daß ihre Schwingungen äußerst nahe dieselbe Dauer erhalten, wie die der Uhr CD Fig 311, nach welcher man das ganze Pendel E reguliren will, was durch die Umdrehung eines kleinen auf den Kopf der Schneide aufgeschraubten Knopfes A (Fig. 309) möglich wird, indem derselbe sich beim Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen der Aufhängungsebene nähert oder von ihr entfernt. Ist die Herstellung einer gleichen Dauer der genannten Schwingung so weit gelungen, als es nach diesem Verfahren möglich ist, so befestigt man an der Schneide den Draht sammt der Platinkugel, und gibt dem Drahte eine solche Länge, daß die Schwingungen des ganzen Systemes sehr wenig von denen der Schneide allein verschieden sind. Da der Schwerpunkt der Schneide außerordentlich nahe an der Aufhängungsebene liegt, so hat seine Masse unter den Umständen, unter welchen der Apparat in Thätigkeit ist, nur einen unmerklichen Einfluß auf die Länge des Pendels.

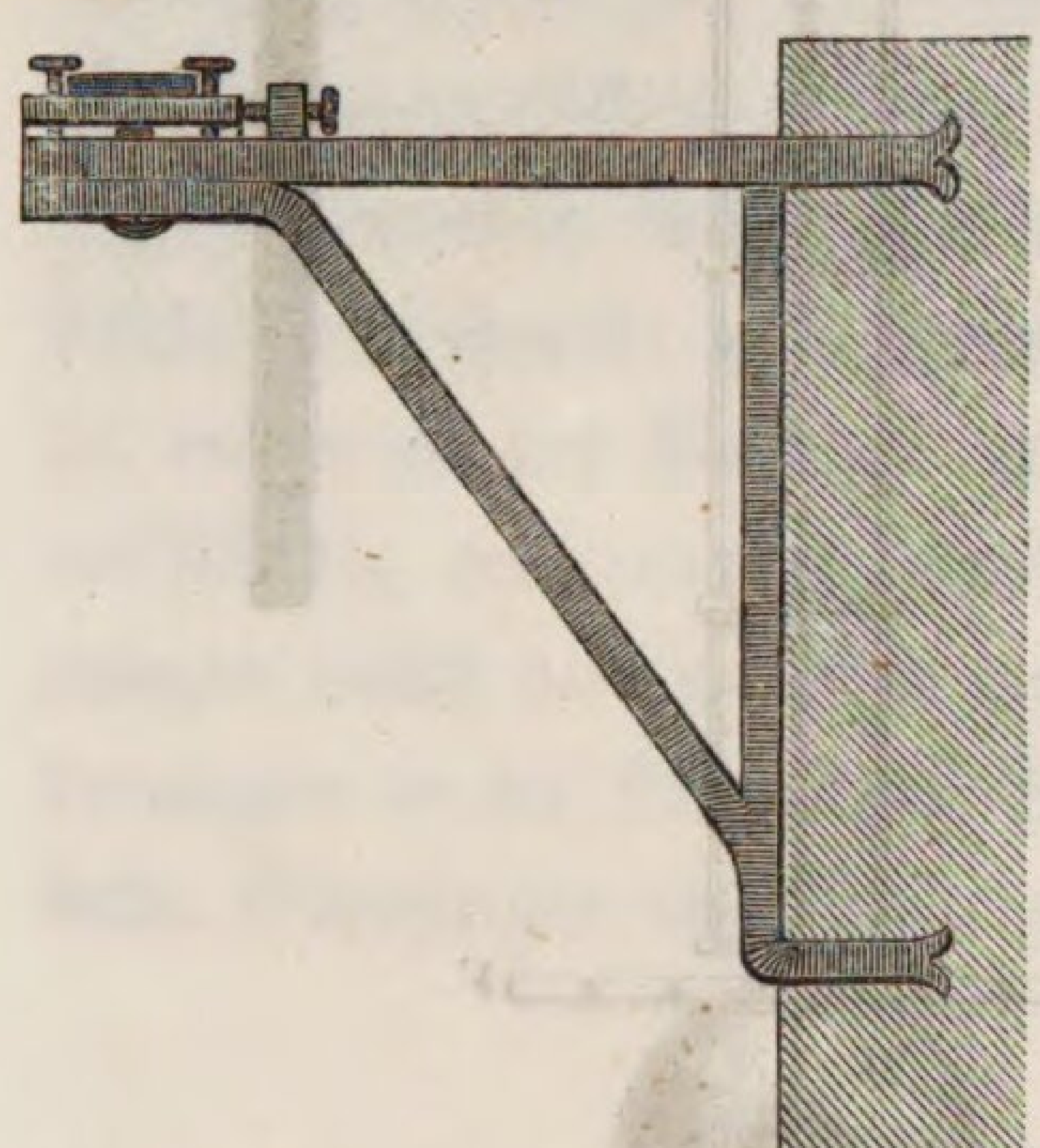


Fig. 312. — Träger des Pendels von Arago und Biot.

Nachdem der Apparat in angegebener Weise vorgerichtet, stellt man in 7 bis 8 Meter Entfernung ein Fernrohr auf, dessen Ocular in seinem Brennpunkte einen verticalen Faden trägt, richtet letztern auf den Draht des ruhig hängenden Pendels und befestigt in derselben Richtung auf der Linse D der ebenfalls in Ruhe befindlichen Uhr einen kleinen Papierkreis als Index. Sind diese Vorbereitungen beendigt, so stößt man die Uhr an, und setzt, wenn ihr Gang ganz sicher geworden ist, auch das Pendel in Schwingung. Das Fernrohr gestattet ein Urtheil über die Ungleichheit im Gange des Uhrpendels und des bloßen Pendels, und vergrößert die scheinbare Geschwindigkeit, welche der Pendeldraht in Bezug auf den Index an der Linse C zeigt. Die Zeitpunkte der Coincidenzen können gleichfalls mit großer Genauigkeit bestimmt werden. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Coincidenzen verliert oder gewinnt das Pendel zwei Schwingungen gegen die Uhr, und man findet dann durch eine einfache Proportion, wie viel Schwingungen das Pendel in einem mittleren Sonnentage verloren oder gewonnen haben würde. Man weiß also, wie viel Schwingungen das Pendel in dieser Zeit vollbringt. Es ist noch eine Correction wegen der Ungleichheit der vom Pendel durchlaufenen Schwingungsbogen anzubringen; diese Bogen werden auf der getheilten Skale FF gemessen, und durch die Rechnung dann alle Schwingungen auf Schwingungen in unendlich kleinen Bogen zurückgeführt.

Um Luftzüge abzuhalten, ist der ganze Apparat in ein gläsernes Gehäuse eingeschlossen, in dem sich zur Angabe der jedes Mal stattfindenden Temperatur Thermometer befinden. Die Beobachtung des Luftdruckes durch das Barometer vervollständigt die Data, welche nöthig sind, um die beobachtete Schwingungszahl auf diejenige zurückzuführen, wie sie im leeren Raume stattgefunden haben würde.

Es erübrigt nun noch die Messung der Länge des Pendels von der Aufhängungsebene bis zum tiefsten Punkte der Platinkugel. Zu diesem Behufe legt man im Voraus auf ein Gestelle HH (Fig. 311) eine ebene Metallscheibe G, die mittelst einer Schraube sich heben und senken läßt.

In Fig. 313 ist diese Metallscheibe besonders gezeichnet; sie wird gehoben durch die Schraube D, deren Umdrehungen sammt ihren Bruch-

theilen durch den getheilten Kreis B angezeigt werden, der vor einem verticalen ebenfalls eingetheilten Maaßstabe vorbeigeht. Die Schrauben ccc dienen, den kleinen Apparat unterhalb des Pendels aufzustellen. Nach einigen Versuchen gelingt es, eine genaue Berührung zwischen der Metallscheibe und der Platinkugel zu erhalten. Dabei muß man vermeiden, die letztere in die Höhe zu heben, weil man die Ausdehnung des Drahtes durch das Gewicht der Kugel hinwegnehmen, und der Draht erst allmälich nach einer gewissen Zeit seine erste Länge wieder erreichen würde. Als Zeichen der vollkommenen Berührung dient das Verschwinden eines Lichtstrahles zwischen der Scheibe und der Kugel.

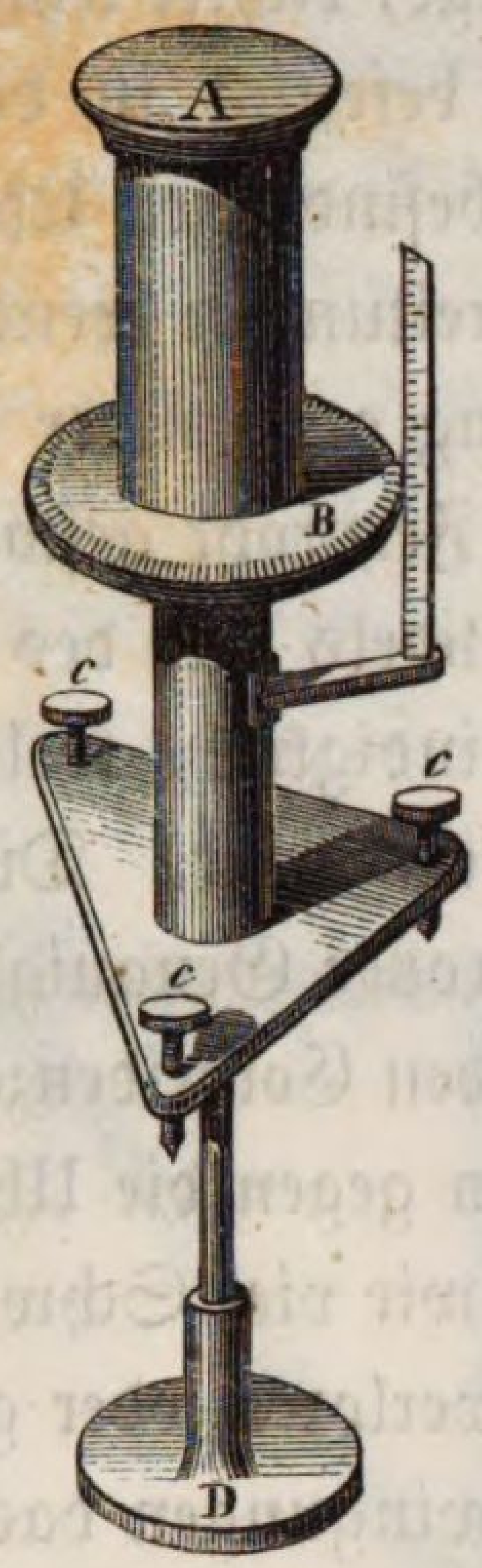


Fig. 313. — Ebene Metallscheibe zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels.

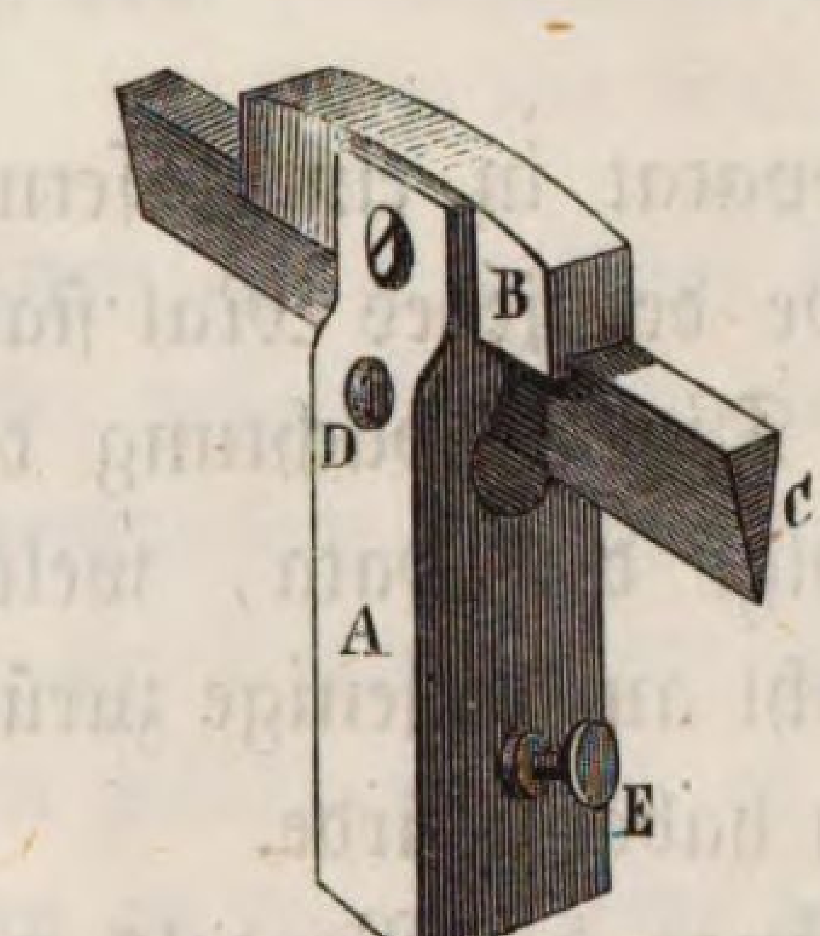


Fig. 314. — Aufhängeschneide des Maaßstabes zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels.

Ist jene Berührung in gewünschter Weise hergestellt, so mißt man den Abstand zwischen der unteren Metallscheibe und der Aufhängungsebene mittelst eines eingetheilten Maaßstabes aus Metall. Zu diesem Zwecke befestigt man eine Schneide C (Fig. 314) zum Aufhängen an das eine Ende desselben; dieselbe ist aus gehärtetem Stahl und sehr scharf. Das obere Ende des Maaßstabes muß gleichfalls von gehärtetem Stahl sein, damit die Schneide nicht in dasselbe eindringen kann; die Berührung muß nämlich, wenn die Messung der Länge genau ausfallen soll, vollkommen sein. Man schiebt den Maßstab in die Hülse A, welche auf dem Rücken B der Schneide sitzt, bis er die scharfe Kante der Schneide berührt, und befestigt ihn dann mittelst einer starken

Druckschraube E. Um mich zu vergewissern, daß nicht nur vor und nach der Messung, sondern auch wenn der Maaßstab aufgehangen ist, die Berührung besteht, habe ich in die Hülse ein Loch D senkrecht auf die Axe der Schneide bohren lassen, wodurch man beobachten kann, ob der Durchgang des Lichtes zwischen der Schneide und dem Maaßstab wirklich unterbrochen ist.

Das andere Ende des Maaßstabes ist mit einem Züngelchen versehen, das sich mittelst einer Schraube heraus- und hineinschieben läßt. Auf dem Züngelchen und dem Maaßstabe sind gleiche Theilungen angebracht.

Nachdem der Maaßstab an der Stelle des Pendels aufgehangen, schiebt man das Züngelchen vor, bis es mit der untern Metallscheibe in vollkommene Berührung kommt. Ist dies erreicht und hat man die nöthigen Vorkehrungen getroffen, daß die Temperatur des Maaßstabes mit der des Gehäuses übereinstimmt, so liest man die Zahl der Theilstriche ab, um welche das Züngelchen herausgetreten ist. Mittelst eines Comparateurs (Fig. 315 und 316), eines von Lenoir erdachten und von Fortin verbesserten Instrumentes, findet man überdieß die Länge des Maaßstabes, die Größe der Theile, und die Größe des kleinen Bruches eines Theiles, um den das Züngelchen herausgeschoben ist. Man vergleicht zu diesem Zwecke den Maaßstab zuerst mit eingeschobenem Züngelchen, dann nach dem Herausschieben des Züngelchens um eine ganze Anzahl Theilstriche, und endlich jedes Mal nach dem Herausschieben des Züngelchens bis auf den Punkt, wo die unterhalb des Pendels befindliche Metallscheibe berührt wurde, mit genauen Maaßstäben.

Bekanntlich besteht der Comparateur aus einem festen Widerlager T und einem beweglichen T′. Man bringt die eine der zu vergleichenden Längen zwischen die beiden Widerlager und erzeugt eine vollständige Berührung des Lagers T′, indem man den Schieber, auf welchen es sitzt, vorwärtsbewegt. Dann zieht man die Druckschrauben BB an, und da das Lager T′ den Winkelhebel bcb′ in Bewegung gesetzt hat, so kann man die Stellung eines am Ende des langen Armes des Hebels angebrachten Nonius V vor den Theilstrichen einer Skale DD beobachten. Nimmt man dann die erste Länge hinweg, und legt die

andere dafür hin, so wird das Lager T′ durch eine Feder gezwungen, sich auch an das Ende der neuen Länge anzulegen. Die Bewegung des Nonius nach der einen oder der andern Seite zeigt mit einer Genauigkeit, die bis auf $^{1}/_{500}$ Millimeter geht, den Unterschied der beiden verglichenen Längen an.

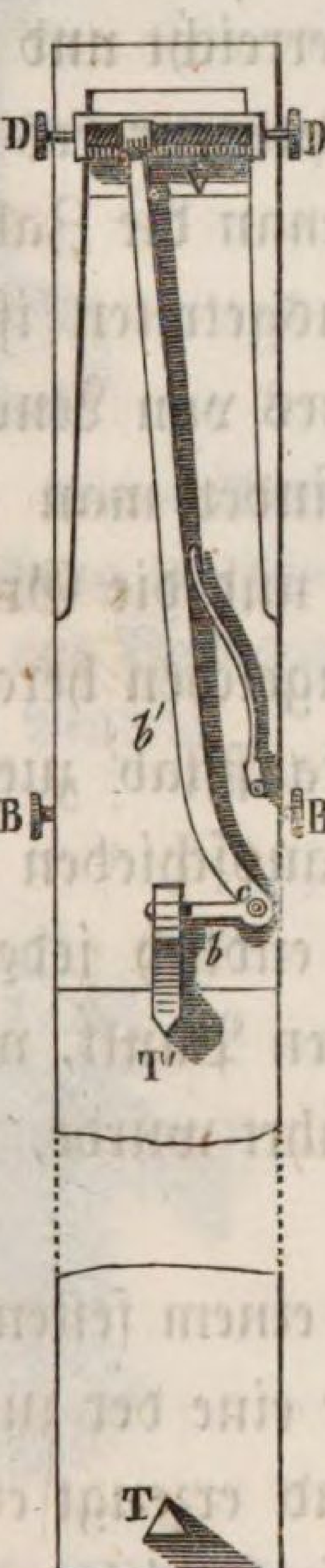


Fig. 315. — Mechanismus des Comparateurs von Fortin.



Fig. 316. — Ansicht des auf den Fortin'schen Comparateur gelegten Maßstabes.

Von den gesammten gefundenen Längen muß nun noch der Halbmesser der Platinkugel abgezogen werden; derselbe läßt sich aus dem Gewichte dieser Kugel und der bekannten Dichtigkeit des Platins be-

rechnen, übrigens aber auch auf experimentellem Wege finden, indem man die Kugel in einen aus zwei parallelen Scheiben, einer festen und einer beweglichen, gebildeten Apparat legt und die letztere Scheibe so weit nähert, bis beide von der Kugel so eben berührt werden; die Verschiebungen der beweglichen Scheibe werden mittelst einer Schraube gemessen, welche durch einen Nonius noch Hundertstel eines Millimeters angibt. Zuletzt sind noch Correctionen wegen des Gewichtes des Aufhängedrahtes und der Calotte anzubringen, und dann die Beobachtungen auf das Niveau des Meeres und den leeren Raum zu reduciren. Alle diese Operationen geschehen durch Rechnungen, in welche ich hier nicht weiter eingehen kann, da es nur meine Absicht war, den Gang der Methoden im Allgemeinen zu erläutern, und dabei die peinlichen Vorsichtsmaßregeln, welche der Astronom anzuwenden hat, zu bezeichnen.

Das zuvor beschriebene Pendel weicht etwas von dem von Borda gebrauchten ab; zur Kenntnißnahme des letztern will ich hier einen Auszug aus der von ihm selbst gegebenen Beschreibung folgen lassen. Der Apparat ist in Fig. 317 abgebildet. AB ist die Secundenuhr, mit deren Schwingungen Borda und Cassini in der von ihnen gemeinschaftlich ausgeführten Beobachtungsreihe die Bewegung des Pendels verglichen; dieses Pendel VP schwang dicht vor der Uhr und war an dem Ende des Steinblocks CDFK, der auf der obern Seite der Mauer lag, an welcher der Apparat aufgestellt war, befestigt. Die Kugel P des Pendels schwang sehr nahe in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkte der Linse; ihre Schwingungen wurden mit einem kleinen zwei Meter abstehenden Fernrohre O beobachtet. Die Uhr und der ganze Pendelapparat waren in ein gemeinschaftliches Gehäuse eingeschlossen, das sie gegen Luftzug schützte, und in seinen untern Theilen Glaswände hatte, um die Schwingungen beobachten zu können.

Borda's und Cassini's Pendel war mittelst einer Schneide aufgehangen; die beiden Astronomen haben folgende Beschreibung ihrer Vorrichtung gegeben: „AB (Fig. 318) ist die Schneide; CD ein nach unten gehender Stiel, an welchem der Draht befestigt wird; EF ein aufwärts gerichtetes Stück, das in eine Schraube endigt; GH ein kleiner auf dieser Schraube beweglicher Knopf. Derselbe diente zum Theil

dem untern Stiele als Gegengewicht, gestattete aber auch die Schwingungsbewegung der Schneide dergestalt zu reguliren, daß sie dieselbe Schwingungsdauer hatte, wie das Pendel . . . .

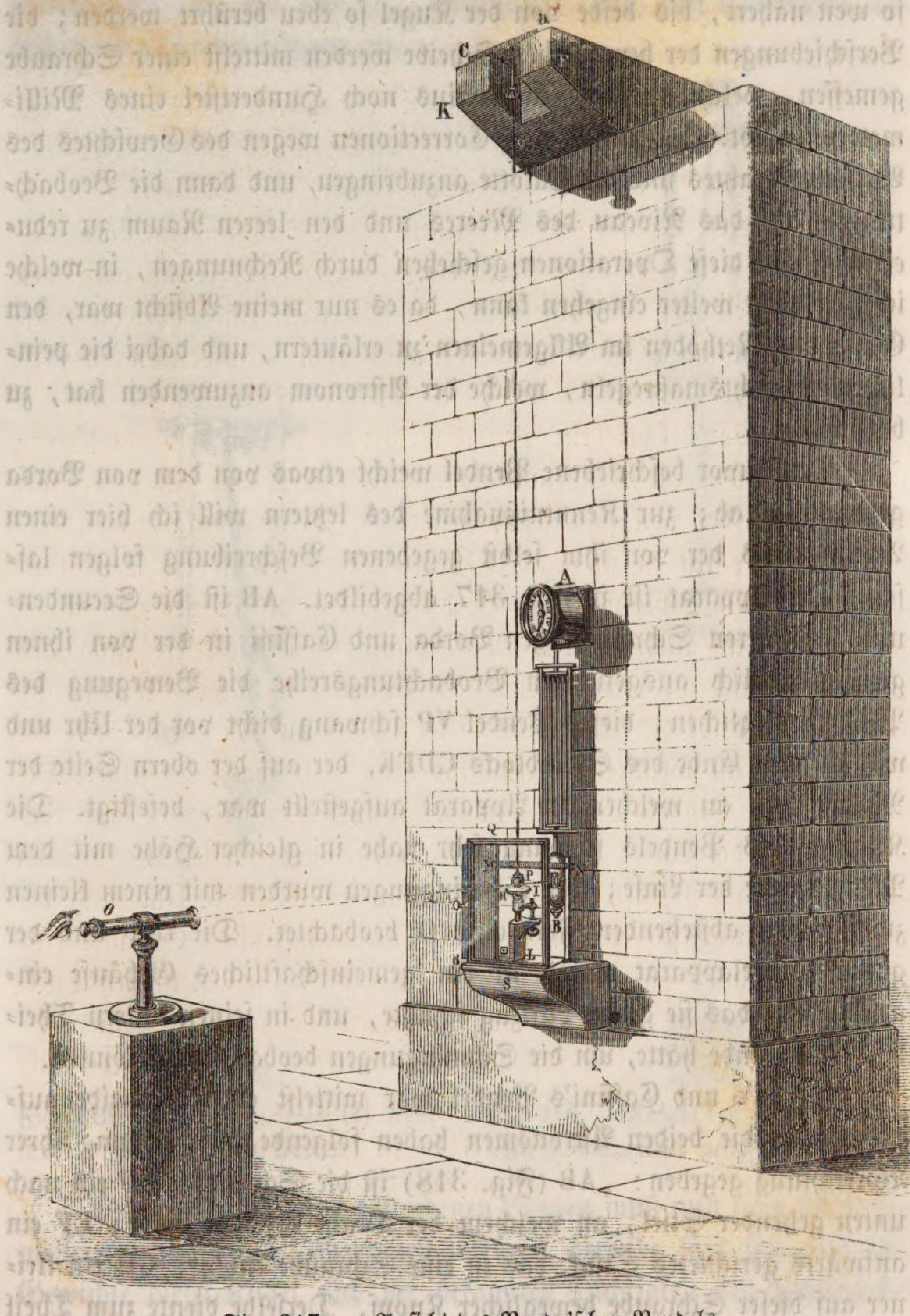


Fig 317. — Ansicht des Borda'schen Pendels.

„Die Aufhängung ruhte auf einer ebenen Stahlplatte MN (Fig. 319), die auf einer kupfernen Platte IKL befestigt war; letztere saß auf dem Steinblocke CDFK der Figur 317 mittelst drei starker Schrauben, durch welche man die Ebene MN genau horizontal stellte. Die Schneide OP befand sich stets in der Mitte der Oeffnung ST (Fig. 319), wenn Schwingungen beobachtet wurden; sollte indeß die Pendellänge gemessen werden, so ward das Pendel seitwärts nach T geschoben, und an seine Stelle der Maaßstab gebracht, der zur Messung diente und dessen oberer Theil sichtbar ist in QR . . . .

„Das Pendel schwang etwas vor der Uhr. Auf die Linse B war ein Stück schwarzes Papier e geklebt, auf dem zwei sich kreuzende und mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildende weiße Linien gezogen waren. Als Uhr und Pendel gleichzeitig stillstanden, stellte man das Fernrohr O (Fig. 317) in die Richtung OPe, welche durch den Kreuzungspunkt der Linien auf der Linse und

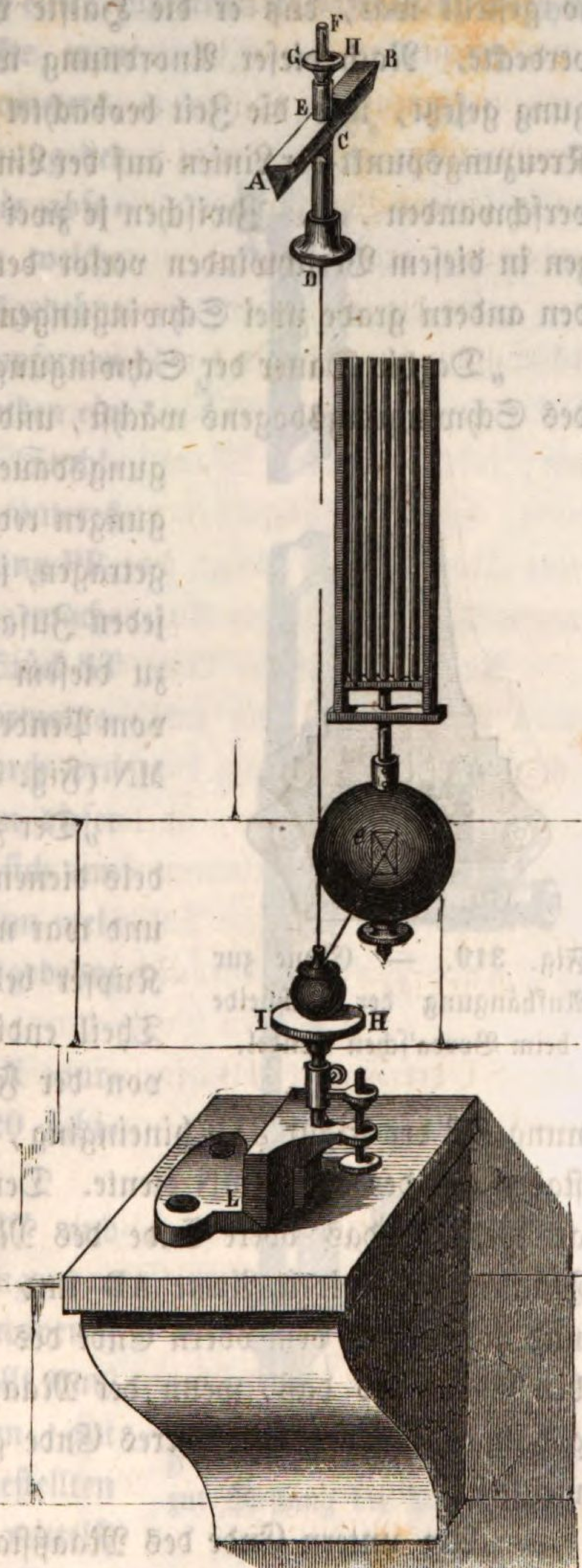


Fig. 318. — Oberer und unterer Theil des Borda'schen Pendels.

durch den Pendeldraht ging, und setzte in geringem Abstande vom Pendel einen schwarzen Schirm QRS, dessen Rand QS vertical und so gestellt war, daß er die Hälfte von der Dicke des Pendeldrahtes verdeckte. Nach dieser Anordnung ward Pendel und Linse in Bewegung gesetzt, und die Zeit beobachtet, wenn der Pendeldraht und der Kreuzungspunkt der Linien auf der Linse gleichzeitig hinter dem Schirme verschwanden .... Zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Coincidenzen in diesem Verschwinden verlor der eine schwingende Körper gegen den andern grade zwei Schwingungen .....

„Da die Dauer der Schwingungen eines Pendels mit der Größe des Schwingungsbogens wächst, und deßhalb die beobachtete Schwingungsdauer auf unendlich kleine Schwingungen reducirt werden muß, so war Sorge getragen, jene Größen im Augenblicke eines jeden Zusammentreffens zu beobachten, und zu diesem Behufe in geringer Entfernung vom Pendel eine in Minuten getheilte Skale MN (Fig. 317) angebracht .....

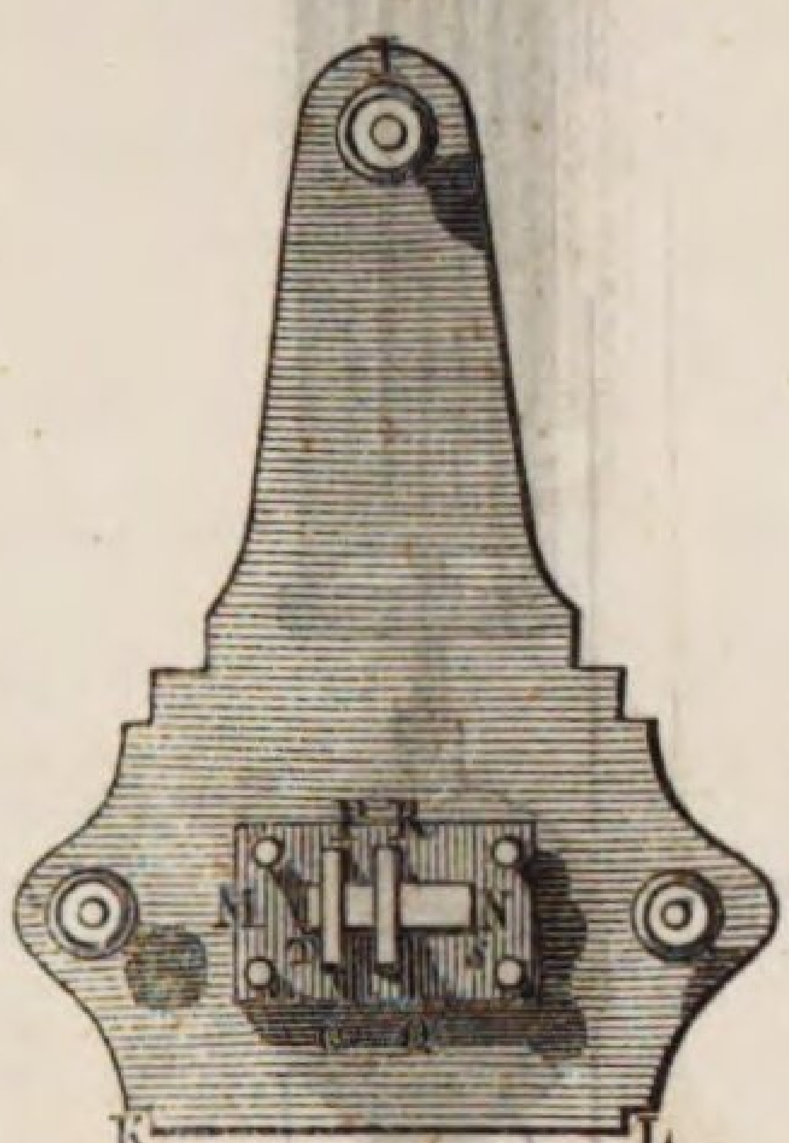


Fig. 319. — Ebene zur Aufhängung der Schneide beim Borda'schen Pendel.

„Der zur Messung der Länge des Pendels dienende Maaßstab bestand aus Platin, und war mit einem andern Maaßstabe von Kupfer bedeckt (Fig. 320). Sein oberer Theil endigte in ein gehärtetes Stahlstück von der Form eines T, das in die Oeffnung ST der Figur 319 hineinging, und zum Aufhängen des Maaßstabes auf der Ebene MN diente. Der Theil dieses Tförmigen Stückes, an welchem das obere Ende des Maaßstabes saß, und die untern Flächen der beiden Arme AB und CD waren sorgfältig geschliffen und lagen mit dem obern Ende des Maaßstabes in einer und derselben Ebene, so daß, wenn der Maaßstab an die Stelle des Pendels gehangen wurde, sein oberes Ende genau mit der Ebene MN zusammenfiel.

„Am untern Ende des Maaßstabes fand sich ein kleines Züngelchen EF aus Platin, das mit leichter Reibung zwischen zwei, ebenfalls aus Platin bestehenden Coulissen GH und LI gleiten konnte. Dieses

Züngelchen trug eine Theilung, deren Zehntel durch den Nonius X abgeschätzt wurden.

„Der Zweck der Anbringung eines kupfernen Maaßstabes, welcher den aus Platin bestehenden bedeckte, war die Herstellung eines Metallthermometers, das durch die ungleiche Ausdehnung der Metalle in jedem Augenblicke die absolute Länge anzeigen sollte, um welche sich der Maßstab aus Platin ausgedehnt hatte. Das obere Ende des kupfernen Maaßstabes war durch drei Schrauben ein wenig unterhalb des Tförmigen Stahlstückes befestigt, und sein freies unteres Ende besaß eine rechteckige Oeffnung PR, in welche ein auf dem Platin festgemachtes Stück ST eintrat. Dieses Stück ST trug die Theilung des Metallthermometers, deren Unterabtheilungen durch den Nonius U gemessen wurden; denn dieser mußte vor der Theilung auf ST sich um den ganzen Betrag hinschieben, um welchen sich das Kupfer mehr ausgedehnt hatte, als das Platin.

„Die beiden Nonien U und X wurden mittelst der in der Figur 320 sichtbaren Mikroskope F, F abgelesen.

„Das Stück IHL (Fig. 317 und 318), das auf einem hervorspringenden Steine der Mauer befestigt und ein wenig unterhalb der Pendelkugel aufgestellt war, bestand aus einer kleinen kupfernen, gut geschliffenen und horizontal gestellten Scheibe IH, die man beliebig mittelst einer Schraube von sehr feinen Gängen heben und senken konnte. Wenn nach Beendigung einer Beobachtung die Länge des Pendels

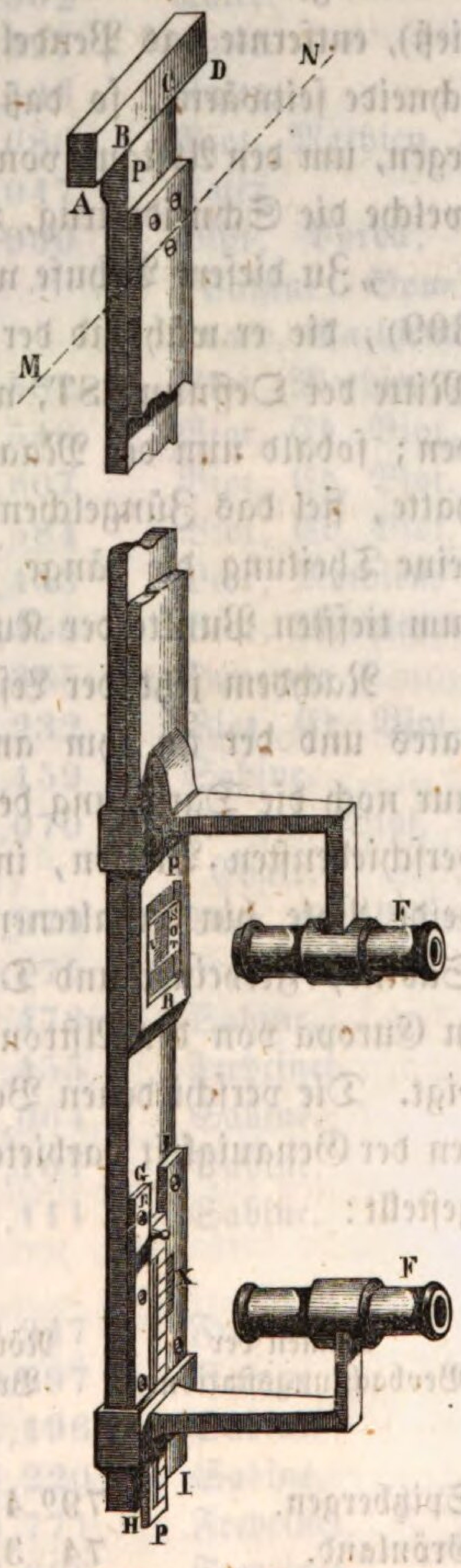


Fig. 320. — Borda's Maaßstab zur Messung der Pendellänge.

gemessen werden sollte, so begann man damit, dasselbe zur Ruhe zu bringen, schraubte dann die kleine kupferne Scheibe aufwärts, bis sie die Platinkugel an ihrer untern Seite eben berührte (was sich bei der Langsamkeit der Annäherung mit großer Genauigkeit beobachten ließ), entfernte das Pendel aus der Verticale, und schob die Aufhängeschneide seitwärts, so daß nur noch übrig blieb den Maaßstab aufzulegen, um den Abstand von der kleinen Scheibe bis zu der obern Ebene, welche die Schneide trug, zu messen.

„Zu diesem Behufe ward dieser Maaßstab aus der Lage OP (Fig. 309), die er während der Schwingungen des Pendels hatte, bis zur Mitte der Oeffnung ST, wo zuvor die Aufhängeschneide stand, geschoben; sobald nun der Maaßstab die Stelle des Pendels eingenommen hatte, fiel das Züngelchen auf die kleine Scheibe IH, und gab durch seine Theilung die Länge des Pendels von dem Aufhängepunkte bis zum tiefsten Punkte der Kugel an.“

Nachdem jetzt der Leser die Beschreibung des Borda'schen Apparates und der an ihm angebrachten Verbesserungen kennt, erübrigt nur noch die Darlegung der in beiden Halbkugeln der Erde, unter den verschiedensten Breiten, in der Nähe des Aequators und bis gegen beide Pole hin erhaltenen Resultate. Die Seereisen der Capitäne Sabine, Freycinet und Duperrey haben auf eine erfreuliche Weise die in Europa von den Astronomen unternommenen Versuche vervollständigt. Die verschiedenen Beobachtungen, welche die größten Bürgschaften der Genauigkeit darbieten, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Namen der Beobachtungsstationen.	Nördliche Breite.	Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern, auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Spitzbergen.	79° 49′ 58″	996,036	Sabine.
Grönland.	74 32 19	995,746	Sabine.
Hammerfest.	70 40 5	995,531	Sabine.
Drontheim.	63 25 54	995,013	Sabine.
Unst.	60 45 25	994,946	Biot.
Portsoy.	57 40 59	994,691	Kater.
Fort von Leith.	55 58 37	994,531	Biot.

Namen der Beobachtungsstationen.	Nördliche Breite.			Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern, auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Clifton.	53°	27′	43″	994,302	Kater.
Arbury=Hill.	52	16	55	994,227	Kater.
London.	51	31	8	994,123	Kater.
Dünkirchen.	51	2	10	994,080	Biot, Mathieu.
Shanklin=Farm.	50	37	24	994,047	Kater.
Paris.	48	50	14	993,900	Biot, Borda, Cassini, Bouvard, Mathieu.
Clermont=Ferrand.	45	46	48	993,582	Biot, Mathieu.
Mailand.	45	28	1	993,548	Biot, Ed. Biot.
Padua.	45	24	3	993,607	Biot, Ed. Biot.
Fiume.	45	19	0	993,584	Biot, Ed. Biot.
Bordeaux.	44	50	26	993,453	Biot, Mathieu.
Figeac.	44	36	45	993,458	Biot, Mathieu.
Toulon.	43	7	20	993,365	Duperrey.
Barcelona.	41	23	15	993,232	Biot, Ed. Biot.
New=York.	40	42	43	993,159	Sabine.
Formentera.	38	39	36	993,070	Arago, Biot, Chaix.
Lipari.	38	28	37	993,079	Biot, Ed. Biot.
Insel Mowi.	20	50	7	991,775	Freycinet.
Jamaica.	17	56	7	991,472	Sabine.
Insel Guam.	13	27	51	991,455	Freycinet.
Trinidad.	10	38	56	991,064	Sabine.
Sierra=Leona.	8	29	28	991,107	Sabine.
St. Thomas.	0	24	41	991,111	Sabine.
	Südl. Breite.				
Rawak.	0	1	34	990,947	Freycinet.
Maranham.	2	31	43	990,897	Sabine.
Ascension.	7	55	48	991,196	Sabine.
Bahia.	12	59	21	991,220	Sabine.
Isle de France.	20	9	40	991,771	Freycinet.
Rio=Janeiro.	22	55	13	991,696	Freycinet.
Paramata.	33	48	42	992,535	Brisbane.
Port Jackson.	33	51	34	992,615	Freycinet.
Port Jackson.	33	51	40	992,578	Duperrey.
Cap.	33	55	15	992,578	Freycinet.

Namen der Beobachtungsstationen.	Südliche Breite.	Beobachtete Längen des Secundenpendels in Millimetern, auf den leeren Raum und die Oberfläche d. Meeres reducirt.	Namen der Beobachter.
Maluinen.	51° 31′ 44″	994,115	Duperrey.
Maluinen.	51 35 18	994,055	Freycinet.

In dieser Tabelle sind die Beobachtungen auf das Meeresniveau reducirt, unter Zugrundelegung der Annahme, daß die anzubringende Correction dem Quadrate des Abstandes vom Mittelpunkte der Erde proportional ist; dieselbe ist für alle zuvorgenannten Orte wegen ihrer geringen Höhe im Verhältniß zur Größe des Erdhalbmessers fast unmerklich, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Beobachtungsstationen.	Höhen derselben über dem mittleren Meeresniveau in Metern.	Beobachtete Pendellänge in Millimetern.	Auf das Meeresniveau reducirte Pendellänge in Millimetern.
Dünkirchen.	4,05	994,079137	994,080382
Meridiansaal der Pariser Sternwarte.	70,25	993,844842	993,866780
Mailand.	150,08	993,500800	993,547642
Formentera.	202,20	993,006385	993,069660
Clermont-Ferrand.	406,00	993,455560	993,582277

Die Correction beträgt für Orte unter 200 Meter nur Hunderttheile des Millimeters, und übersteigt für Orte von 400 Meter Höhe kaum ein Zehntel Millimeter.

Die Vergleichung der Beobachtungen zeigt, daß die Erde keine vollkommen elliptische Gestalt besitzt, selbst wenn man nur die mittlere Oberfläche betrachtet, welche durch Substitution des Meeres an die Stelle der Continente erzeugt werden würde. In den folgenden Kapiteln werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen. Im Grunde, und für die uns jetzt beschäftigende Frage ist der Unterschied wenig beträchtlich, und man kann als ein Gesetz, welches von den durch die Versuche erhaltenen Resultaten nicht sehr abweichende Werthe gibt, annehmen, daß die Pendellänge zwischen zwei wenig von einander entfernten Orten sich proportional dem Quadrate der Breite ändert, wie dies auf einem vollkommenen Ellipsoide der Fall sein würde, wenn wir ein solches der Erde substituirten. Wenn man alle Beobachtungen mit

einander verbindet, und auf einen gemeinschaftlichen Breitengrad alle diejenigen reducirt, welche bei nahe gleichen Breiten angestellt worden sind, so erhält man folgende Zahlen:

	Berechnete Pendellänge, auf den leeren Raum und auf das Meeresniveau reducirt, in Millimetern.
Am Pole	996,189
Paris (48° 50′ 14″)	993,900
Unter 45° Breite	993,520
Unter dem Aequator	991,027

An einem gegebenen Orte hängt die Intensität der Schwere selbst mit der Länge eines Pendels, welches Secunden schlägt (eines Secundenpendels), durch eine sehr einfache Formel zusammen. Aus allen in Paris zur Bestimmung der Pendellänge unternommenen Untersuchungen folgt 9,8088 Meter als Maaß für die Intensität der Schwere, d. h. ein Körper, der in Paris eine Secunde lang im leeren Raume fällt, erlangt eine solche Geschwindigkeit, daß er, wenn die Schwere zu wirken aufhörte, in allen folgenden Secunden seiner Bewegung einen Raum von 9,8088 Metern durchlaufen würde. Dies Resultat zeigt ferner, daß ein zu Paris im leeren Raume ohne irgend eine Anfangsgeschwindigkeit fallender Körper während der ersten Secunde seines Falles 4,9044 Meter zurücklegt. Hiernach und weil die Intensität der Schwere proportional der Länge des Secundenpendels wächst, erhält man folgende Tabelle zur Uebersicht der Aenderung der Schwere auf der Oberfläche der Erde:

	Geschwindigkeiten der an verschiedenen Orten fallenden Körper, die Geschwindigkeit in Paris gleich 9,8088 Meter gesetzt.	Schwere an verschiedenen Orten, die Schwere in Paris gleich 1 gesetzt.
Am Pole	9,8314	1,0023
In Paris	9,8088	1,0000
Unter 45° Breite	9,8049	0,9996
Unter dem Aequator	9,7803	0,9971

Nimmt man die auf S. 55 gegebenen Zahlen der Längen des

einfachen Pendels, so kann man jetzt ohne Schwierigkeit die Intensität der Schwere an jedem Orte durch einfache Proportionen berechnen.

Dreizehntes Kapitel.

Anziehung der Gebirge.

Die unbeschränkte Gültigkeit der Gesetze der allgemeinen Anziehung muß nothwendig zu dem Gedanken führen, daß irgend ein hervorragender Gegenstand auf der Oberfläche der Erde, z. B. eine Mauer, ein Haus, ein Berg einen fallenden Körper oder das am Ende eines Fadens aufgehangene Bleiloth verhindern müsse, sich genau nach dem Mittelpunkte der Erde zu richten. Indeß ist wegen der ungeheuren Größe der Erde im Vergleich mit den größten Bergen doch leicht begreiflich, daß die Ablenkung des Bleilothes nur sehr klein ausfallen kann. Um dieselbe nachzuweisen, bedarf es sehr feiner Beobachtungen. Wir wollen annehmen, wir bestimmten nach den früher (Bd. 13, S. 196) erläuterten astronomischen Methoden die Breiten zweier auf einem und demselben Meridiane gelegenen Orte, von denen der eine diesseits, der andere jenseits eines Berges liegt, so wird der Unterschied dieser beiden Breiten den Winkel zwischen den wirklichen Verticalen an beiden Orten geben. Mißt man nun durch geodätische Operationen die Entfernung zwischen diesen beiden Orten, so kann man unter Berücksichtigung der bekannten Abplattung der Erde berechnen, wie groß der Unterschied der Breiten beider Stationen sein muß. Dieser Unterschied wird den Winkel zwischen den beiden hypothetisch angenommenen, durch den Berg nicht abgelenkten Verticalen geben. Aus der Vergleichung der beiden durch die genannten Verfahren erhaltenen Zahlen ergibt sich dann, wenn alle Beobachtungsfehler in Rechnung gezogen sind, der doppelte Werth der gesuchten Ablenkung.

Der erste Versuch, den man gemacht hat, um die Ablenkung auszumitteln, welche ein Berg in der Richtung des Bleilothes veranlassen kann, datirt vom Jahre 1738, d. h. von jener Zeit, wo eine Commission von Mitgliedern der pariser Akademie den peruanischen Längen-

grad maß. Der benachbarte Chimborazo schien besonders zu derartigen Untersuchungen geeignet; Bouguer hatte unter der Annahme, daß der Berg durchaus keine hohlen Räume in sich fasse, durch eine angenäherte Rechnung gefunden, daß seine Einwirkung 1′ 30″ übersteigen würde; leider aber gaben die Beobachtungen eine viel kleinere Zahl, denn im Mittel betrug die doppelte Ablenkung nur 15″. Wenn übrigens die Kleinheit des zur Messung angewandten Quadranten und die Abweichungen der partiellen Messungen von einander kaum gestatten, aus dieser Arbeit die Folgerung zu ziehen, daß der Berg auf das Bleiloth überhaupt eine merkliche Anziehung ausgeübt hat, so ist es noch um so weniger erlaubt, eine numerische Angabe über die Größe derselben daraus herzuleiten.

Im Jahr 1773 hat Maskelyne dieselben Versuche am Fuße des Sheshallienberges in Schottland wiederholt und aus der erhaltenen Ablenkung das Verhältniß der Masse der Erde zu der des Berges, und somit die Dichtigkeit der Erde selbst im Ganzen genommen, abzuleiten gesucht; er erhielt eine um ungefähr eine Einheit kleinere Zahl als die später von Cavendish mittelst der weiter oben (S. 3L) beschriebenen Versuche gefundene. Im 13. Bd. S. 256 haben wir bereits gesehen, daß die Differenz zwischen der von Plana und Carlini in Italien zwischen Andrate und Mondovi durch geodätische Operationen gemessenen und der berechneten Länge eines Meridiangrades sich nur durch die Anziehung erklären läßt, welche die Alpenkette auf das Bleiloth ausgeübt hat.

Indeß kann ich nicht unterlassen hier die Bemerkung anzuschließen, daß die Astronomen den localen Anziehungen vielleicht eine zu große Bedeutung zuschreiben, und durch dieselbe Abweichungen zu erklären gesucht haben, die sehr oft viel natürlicher bloßen Beobachtungsfehlern hätten zugeschrieben werden sollen.

Vierzehntes Kapitel.

Metrisches System.

Durch die zur Bestimmung der Länge verschiedener Meridiangrade unternommenen geodätischen Operationen und durch die in verschiedenen Gegenden ausgeführten Beobachtungen der Pendelschwingungen war die Idee eines allgemeinen und unveränderlichen Maaßes entstanden, das seinen Ursprung in der Natur selbst haben sollte. Picard, der die beiden Systeme von Beobachtungen unter sich in der Absicht verknüpft hatte, daß man jeder Zeit die Länge der Toise wieder finden könnte, schlug die Länge des Pendels als allgemeines Maaß vor und gab ihm den Namen des astronomischen Radius. Monton kam 1670 darauf, man sollte als allgemeine Maaßeinheit die Minute eines Grades nehmen, die er Meile nannte und deren Theile und Unterabtheilungen sämmtlich zehntheilig waren. Cassini sprach in seinem Werke sur la Grandeur et la Figure de la Terre sehr nahe dieselbe Idee aus, indem er ein Fußmaaß vorschlug, welches der sechstausendste Theil einer Minute eines Meridiangrades sein sollte, oder auch eine Elle von zwei solchen Fußen, welche der zehnmillionenste Theil des Erdradius wäre, oder endlich eine Toise von sechs solchen Fußen, so daß der Grad dann 60000 Toisen gehabt haben würde.

Einige Schriftsteller haben behauptet, daß die Alten ebenso wie die Neuern die Idee eines allgemeinen der Natur entlehnten Maaßes gehabt hätten; es ist aber kein entscheidender Beweis geliefert worden, daß ein solches System von Messungen ausgeführt oder auch nur wirklich ausgedacht worden ist. Die wahrhaft chaotische Verwirrung, in welche am Ende des achtzehnten Jahrhunderts durch die unglaubliche Willkühr und Verschiedenheit der man möchte sagen von Dorf zu Dorf sich ändernden Maaße alle socialen Verhältnisse gerathen waren, rief eine Reform hervor, die mit jedem Tage allgemeiner zu werden strebte. Nachdem mehrere Projecte nach einander vorgeschlagen und zurückgewiesen waren, nahm endlich im Jahre 1790 die constituirende Versammlung auf Talleyrand's Vorschlag das Decret an, wonach die Akademie der Wissenschaften beauftragt wurde, eine un-

veränderliche Einheit für alle Maaße und Gewichte zu suchen. Infolge dieses Decrets stellte eine aus Borda, Lagrange, Laplace, Monge und Condorcet gebildete Commission in einem Berichte am 19. März 1791 die Grundlagen des zehntheiligen metrischen Systemes in folgender Weise fest: als Einheit für die übliche Länge ist der zehnmillionenste Theil des Quadranten eines Erdmeridians zu nehmen, und die Gewichte aller Körper sind auf die des destillirten Wassers zu beziehen; das System ist ferner für die Bildung größerer Maaße oder kleinerer Unterabtheilungen zehntheilig auszuführen.

Die von der Akademie zur Einführung des neuen Systemes in die Praxis nothwendig erachteten Operationen wurden unmittelbar von der constituirenden Versammlung angenommen, nach deren Willen ohne irgend einen Verzug Hand ans Werk gelegt werden sollte; sie bestanden 1) in der Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen Dünkirchen und Barcelona, und überhaupt in der Ausführung aller astronomischen Beobachtungen, welche auf dieser Linie nützlich erscheinen könnten; 2) in der Nachmessung der alten Basen, welche für die bei Paris gemachte Gradmessung und zu den Arbeiten der Karte von Frankreich gedient hatten; 3) in der Anstellung neuer Beobachtungen, um die Reihe der zur Gradmessung gebrauchten Dreiecke zu berichtigen und nach Spanien zu verlängern; 4) in der Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels (reducirt auf den leeren Raum und das Niveau des Meeres), damit man mit Leichtigkeit die neue Maaßeinheit durch die bloße Beobachtung des Pendels wiederfinden könne; 5) in der durch neue Versuche zu bewirkenden Bestimmung des im leeren Raume genommenen Gewichts eines Volumens destillirten Wassers von bestimmter Temperatur; und 6) in der Reduction der verschiedenen im Handel gebräuchlichen Längen-, Flächen- und Hohlmaaße, so wie der verschiedenen üblichen Fußlängen.

Die Arbeiten, welche ebenso vollständig als bestimmt vorgezeichnet waren, wurden ungesäumt begonnen und unter allen Unglücksfällen einer durch Revolutionen bewegten Zeit, unter Krieg und Hungersnoth fortgesetzt. Ein am 18. Germinal an III (7. April 1795) auf einen Bericht von Prieur erlassenes Gesetz belebte übrigens die Unternehmung wieder aufs Neue, brachte gewisse Modificationen in

dem ursprünglichen Plane an und setzte die Benennung der Maaße und Fuße fest. Die gesetzmäßigen Längenmaaße sind seitdem:

Das Myriameter oder	10000	Meter
das Kilometer	1000	=
das Hektometer	100	=
das Dekameter	10	=
das Meter	1	=
das Decimeter	0,1	=
das Centimeter	0,01	=
das Millimeter	0,001	=

Die Hohlmaaße für Flüssigkeiten und Körner sind:

Das Kiloliter oder Cubikmeter,
das Hectoliter,
das Dekaliter,
das Liter oder Cubikdecimeter,
das Deciliter,
das Centiliter.

Die Gewichte sind:

Das Kilogramm oder das Gewicht eines Cubikdecimeters destillirten Wassers,
das Hektogramm,
das Dekagramm,
das Gramm,
das Decigramm,
das Centigramm,
das Milligramm.

Die Flächenmaaße sind:

Die Hektare oder	10000	Quadratmeter
die Are	100	=
die Centiare	1	=

Die Volumenmaaße für Holz sind:

Das Stère oder Cubikmeter,
das Decistère.

Die Münzeinheiten sind:

Der Franc oder 5 Gramm einer Legirung aus 9 Theilen Silber und 1 Theil Kupfer
der Decime,
der Centime.

Diese dem Griechischen und Lateinischen entlehnten Namen haben den unbestreitbaren Vorzug, in alle Sprachen eingeführt werden zu können. Was den Vorwurf von Barbarei betrifft, den man gegen mehrere unter ihnen erhoben hat, so ist er, wie Delambre bemerkt, nicht von großer Bedeutung; er bezieht sich besonders auf hekto, das man abgekürzt für hekaton gebraucht hat, und auf kilo, wo man ein k an die Stelle des ch in dem bei Homer (Iliade B. 5. V. 860 und B. 14. V. 148) vorkommenden Worte χίλοι gesetzt hat. Ein solcher Vorwurf dürfte wohl kaum das Verdienst einer der schönsten Leistungen der Wissenschaften schmälern. Man hat nicht nur einen ausgedehnten Bogen des Erdmeridians gemessen, man hat auch das Verhältniß zwischen der angenommenen Maaßeinheit und der Länge des Secundenpendels nach Reduction auf den leeren Raum und das Niveau des Meeres unter verschiedenen Breiten bestimmt, so daß, wenn selbst Erdbeben und furchtbare Wasserfluten kommen und unsern Planeten aufwühlen und die in den Archiven niedergelegten Normalmaaßstäbe zerstören sollten, ein mit dem Pendel gemachter Versuch die Länge eines Meters wieder kennen lehren und so das zehntheilige metrische System unverändert herstellen würde. Man wird begreifen, daß die Aufgabe, welche sich die erste Commission der Akademie der Wissenschaften gestellt hatte, das Meter genau dem zehnmillionensten Theile vom Quadranten des Erdmeridians gleich zu machen, nicht in ihrer vollen Strenge hat gelöst werden können. Man wünschte dringend das neue Längenmaß zu besitzen; die Ersetzung der alten Maße durch die neuen litt keinen Aufschub, um nicht die Durchführung einer solchen Revolution in den kaufmännischen und den häuslichen Verhältnissen aufs Spiel zu setzen. Man nahm deßhalb als Ellipse des Erdmeridians eine Ellipse an, welche einer Abplattung von $^1/_{334}$ entspricht, und deren Viertelumfang eine Länge von 5130740 Toisen hatte. Der zehnmillionenste Theil dieser Länge gab als Werth für das Meter 0,513074 Toisen oder 3 Fuß 11,296 Linien, da die Toise bekanntlich in 6 Fuß, der Fuß in 12 Zoll und der Zoll in 12 Linien getheilt war. Die Discussion sämmtlicher geodätischen Messungen hat gezeigt, daß die Abplattung der Erde $^1/_{299,15}$ beträgt (Bd. 13, S. 258). Infolge dieser Aenderung wird die Länge eines Quadranten des elliptischen Meridians 10000856

Meter anstatt 10000000 Meter. Ist dies einmal bekannt, so ist die Länge eines Meters um Nichts weniger gut bestimmt und festgestellt; sie steht in einer ganz bekannten Beziehung zu den Dimensionen unserer Erde und kann außerdem, wie schon gesagt, zu jeder Zeit durch feine, aber doch rasch und leicht ausführbare Versuche wieder gefunden werden.

Das Institut de France und die französische Regierung haben bei dieser Gelegenheit der Welt ein schönes und großartiges Beispiel gegeben, das in der Geschichte der Wissenschaften einzig dasteht; sie wünschten, daß ein Congreß von Gelehrten aller Nationen, welche Deputirte zu schicken geneigt wären, zusammentrete, um von den bereits ausgeführten Beobachtungen und Versuchen Kenntniß zu nehmen, um sie zu prüfen und nöthigenfalls wieder von Neuem vorzunehmen, und um sich von der Genauigkeit aller Bestimmungen und Berechnungen zu überzeugen. Es wird mir gestattet sein, hier die Namen aller derjenigen zusammenzustellen, die in verschiedenem Grade an dieser unermeßlichen Arbeit Theil genommen haben; ich werde aus den verschiedensten Wissenschaften berühmte Männer anzuführen haben, welche Ländern angehörten, denen es für immer zum Ruhme gereichen wird, die Größe der gestellten Aufgabe begriffen, und edelmüthig und mit Aufopferung zu ihrer Lösung beigetragen zu haben. Die französischen Gelehrten, welche verschiedene Versuche und Untersuchungen für die Bestimmung des Meters, des Kilogramms, für Messung des Meridianbogens und der Länge des Secundenpendels ausgeführt haben, sind: Laplace, Lavoisier, Borda, Delambre, Méchain, Bellet, Berthollet, Brisson, Condorcet, Coulomb, Darcet, Hauy, d'Herbelot, Lagrange, Lefèvre-Gineau, Le Français de Lalande, Legendre, General Meunier, Monge, Plessis, Pommard, Prony, Tranchot, Vandermonde, Biot, Arago; ihnen müssen noch die Mechaniker Lenoir und Fortin, welche Apparate von einer für immer rühmlichen Vollkommenheit construirt haben, angereiht werden. Die auswärtigen Gelehrten, welche theils an den Operationen, theils an deren Prüfung Theil genommen haben, sind [9]): Aeneae und von Swinden, Deputirte der batavischen Republik; Balbo und Vasalli Candi aus Piemont; Bugge aus Dänemark; Alvarez, Bueno, Ciscar, Gonzales, Pedrayes, Pla-

nez, Chair, Rodriguez aus Spanien; Fabroni, Deputirter von Toscana; Franchini, Deputirter der römischen Republik; Mascheroni, Deputirter der cisalpinischen Republik; Multedo, Deputirter der ligurischen Republik; Tralles, Deputirter der helvetischen Republik. Später haben mein berühmter Freund Alexander von Humboldt, der englische Kapitän Kater, dann unsere Landsleute Bouvard und Mathieu mit Biot und mir, den früher gemachten Beobachtungen Ergänzungen hinzugefügt, um die auf dem Continente unternommenen Operationen bis nach England und Schottland zu verlängern. So hat sich das System der zehntheiligen metrischen Maaße, das, wie zu hoffen steht, zuletzt von allen Nationen angenommen werden wird, an die höchsten astronomischen Fragen angeschlossen; seine Aufstellung hat zur Bestätigung der Gesetze der allgemeinen Anziehung gedient, indem sie eine vollständig genaue Vorstellung von der Gestalt und den Dimensionen unserer Erde gegeben hat.

Funfzehntes Kapitel.

Ursache der Abplattung der Erde.

Nachdem die Abplattung der Erde bewiesen und gemessen ist (Bd. 13, S. 254), erübrigt noch die Angabe ihrer Ursache; ja noch mehr, es muß auch der Versuch gemacht werden, die Größe derselben theoretisch herzuleiten. Eine Theorie hat nur vollständige Gültigkeit, so lange sie die beobachteten Erscheinungen selbst bis ins kleinste Detail erklärt. Seitdem unser Landsmann Richer entdeckt hatte, daß ein und derselbe Körper, seine Beschaffenheit sei welche sie wolle, um so weniger wiegt, je näher man ihn dem Aequator bringt, schloß Jeder, dies rühre davon her, daß die Erde, wenn sie ursprünglich flüssig war, ihre Anschwellung der Centrifugalkraft verdanke, welche die Flüssigkeitstheilchen von der Axe, um welche die tägliche Rotation geschieht, zu entfernen strebt, indem diese Kraft ihre Wirkung mit der auf jedes Molecül von der gesammten Masse ausgeübten Anziehung combinire. Huygens und Newton blieben bei diesem allgemeinen Ausspruche, der nur noch Hypothese war, nicht stehen; sie berechneten den Unterschied zwischen

der großen und kleinen Axe, den Ueberschuß des Aequatorialdurchmessers über den Polardurchmesser. Huygens' Rechnung stützte sich auf hypothetische und gänzlich unzulässige Eigenschaften der Anziehungskraft; Newton's Rechnung auf ein nicht bewiesenes Theorem und auf die Hypothese, daß die Erde ursprünglich flüssig und vollkommen homogen war. Wenn man, um wichtige Probleme zu lösen, solche Vereinfachungen zuläßt; wenn man, um Schwierigkeiten der Rechnung zu entgehen, sich so wesentlich von den in der Natur vorliegenden physischen Bedingungen entfernt: so beziehen sich die Resultate auf eine ideale Welt, sind in Wahrheit nur ein Spiel des Geistes.

Um die mathematische Analyse in Frucht bringender Weise auf die Bestimmung der Gestalt der Erde anzuwenden, mußte jede Hypothese von Homogeneität, jede gezwungene Aehnlichkeit zwischen den Formen der übereinander liegenden und ungleich dichten Schichten verbannt werden; man mußte selbst den Fall eines festen centralen Kerns ins Auge fassen. Diese Allgemeinheit verzehnfachte die Schwierigkeiten der Aufgabe, hemmte aber zwei französische Mathematiker von seltenem Scharfsinne nicht; durch die Arbeiten Clairaut's und d'Alembert's, durch gewisse wesentliche Entwickelungen, welche ihre unmittelbaren Nachfolger und besonders der berühmte Legendre hinzugefügt haben, hat die theoretische Bestimmung der Gestalt der Erde jede wünschenswerthe Genauigkeit erlangt. Es herrscht jetzt die schönste Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Rechnung und den Werthen der directen Messungen, die sonach gedient haben, um einen Erfahrungsbeweis für die Attractionsgesetze zu geben. Die Erde ist also ursprünglich flüssig gewesen, und hierin liegt die Ursache ihrer Abplattung.

Sechszehntes Kapitel.

Ursache der hauptsächlichsten Störungen in der Bewegung des Mondes.

Bei seinem Umlaufe um die Erde befolgt der Mond die Keppler'schen Gesetze, oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Gesetze der gegenseitigen Anziehung zweier Körper; wirkten nicht gleichzeitig auch

noch andere Kräfte auf unsern Satelliten, so würden die Grundsätze der Mechanik, wie sie Newton in seinen Principien der Naturphilosophie entwickelt hat, hinreichen, alle Bewegungen des Mondes genau darzustellen.

Lassen wir nun aber eine zweite Kraft einwirken, indem wir die Anziehung ins Auge fassen, welche die Sonne auf den Mond ausübt; kurz nehmen wir statt zweier Körper deren drei an, so wird die Keppler'sche Ellipse uns nur noch eine ungefähre Vorstellung von der Bewegung des Mondes gewähren. Während nämlich auf einer Seite die Attraction der Sonne zur Vergrößerung der Dimensionen der Mondbahn beiträgt, und eine solche Vergrößerung in der That hervorruft, wird auf der andern Seite das Gegentheil eintreten. Die in der Sonne ihren Sitz habende Kraft wird an gewissen Punkten in derjenigen Richtung wirken, in welcher sich das Gestirn bewegt, und demgemäß die Bewegung beschleunigen; an andern Punkten hingegen wird die Wirkung die entgegengesetzte sein. Mit einem Worte, es wird durch Einführen eines dritten anziehenden Körpers, an Stelle des einfachen regelmäßigen Laufes, den man nicht anders als mit Wohlgefallen betrachten konnte, die größte Verwickelung hervorgerufen werden und eine scheinbare Verwirrung eintreten.

Während Newton für den Fall zweier sich gegenseitig anziehenden Körper eine erschöpfende Lösung des Problems der Bewegung der Himmelskörper gegeben hatte, versuchte er nicht einmal eine analytische Lösung des unvergleichlich schwierigeren Problems der drei Körper. Das Problem der drei Körper (dies ist der Name, unter welchem diese Aufgabe berühmt geworden ist) besteht darin, die Bewegung eines Gestirnes unter dem Einflusse der Anziehung zweier anderer Gestirne zu bestimmen; der französische Astronom Clairaut hat dies Problem zuerst gelöst. Von dieser Zeit her schreiben sich alle die Fortschritte, die man zu immer steigender Vollkommenheit der Mondtafeln gemacht hat, und die Laplace aufs Höchste trieb durch seinen außerordentlichen Scharfsinn, gepaart mit einer Ausdauer ohne Gleichen. Aus diesen Mondtafeln läßt sich für jeden beliebigen Zeitpunkt die Stellung des Mondes berechnen, und damit erhält man die Auflösungen aller Aufgaben der nautischen Astronomie mit einer so großen Genauigkeit,

daß Laplace als einer der Wohlthäter des menschlichen Geschlechts betrachtet werden muß, indem er es war, welcher durch seine Grundlagen der Vorausberechnung des Mondlaufs jede Seereise sicher und schnell auszuführen gemacht hat.

Im einundzwanzigsten Buche bereits habe ich die drei wichtigsten Ungleichheiten der Mondbewegung genannt, die Evection, die Variation und die jährliche Gleichung (Kap. 3, S. 299 des 3. Bandes der Astronomie). Das Problem der drei Körper gewährt uns eine volle Einsicht in diese drei Ungleichheiten. Befände sich nämlich die Sonne in unendlicher Entfernung von Erde und Mond, so würde sie auf diese beiden Körper in gleicher Weise einwirken, und die relative Bewegung derselben würde ungestört bleiben. Ist nun allerdings die Entfernung der Sonne, im Vergleich mit der zwischen Erde und Mond, sehr groß, so ist sie doch keineswegs unendlich; der Mond steht bald in geringerer, bald in größerer Entfernung von der Sonne, als die Erde, und diejenige gerade Linie, welche die Mittelpunkte von Sonne und Mond verbindet, macht zu verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Winkel mit dem Radiusvector der Erde. Daher kommt es, daß die Sonne, je nach der respectiven Lage der genannten drei Körper, mit verschiedener Kraft und nach verschiedenen Richtungen wirkt. Es entstehen daraus die Variation, d. h. die Ungleichheit im Winkel zwischen den Linien von der Erde zum Monde und von der Erde zur Sonne, und die Evection oder die Ungleichheit im Abstande der Erde vom Monde. Dadurch, daß der mittlere Abstand des Mondes von der Erde abwechselnd bald zunimmt und bald sich verringert, entstehen auch in der Dauer seines Sideralumlaufes entsprechende Aenderungen, welche die sogenannte jährliche Gleichung ausmachen. Durch die Gesetze der allgemeinen Gravitation werden auf eine äußerst genaue Weise diese drei Störungen dargestellt, welche man schon aus den Beobachtungen erkannt hatte, noch bevor irgend eine theoretische Betrachtung das Vorhandensein derselben hatte ahnen lassen.

Siebzehntes Kapitel.

Störungen in der Bewegung des Mondes, herrührend von der Abplattung der Erde.

Der Lauf des Mondes wird durch die Erde geregelt. Nun ist die Erde abgeplattet, und ein abgeplatteter Körper übt seine Anziehung in etwas anderer Weise, als eine Kugel. Aus diesem Grunde muß sich in der Mondbewegung oder, wie man versucht sein könnte zu sagen, muß sich im Gange des Mondes gewissermaßen die Abplattung der Erde abspiegeln. Dies war, in seiner ursprünglichen Gestalt, der Gedanke, den Laplace hatte.

Es war zunächst zu ermitteln (darin lag die hauptsächliche Schwierigkeit), ob diese charakteristischen Züge, welche die Abplattung der Erde der Bewegung unseres Mondes nothwendig einprägen mußte, hinlänglich groß und wahrnehmbar wären, um nicht innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler zu fallen; ferner mußte die allgemeine Formel für Störungen dieser Art aufgefunden werden, aus welcher sich dann die Unbekannte, wie wir dies gelegentlich der Sonnenparallaxe gesehen haben, ergeben konnte.

Durch seine Ausdauer und seinen analytischen Scharfsinn wußte Laplace alle diese Schwierigkeiten zu überwinden. Bei einer Untersuchung, welche außerordentlichen Aufwand von Sorgfalt und Kraft forderte, entdeckte dieser große Mathematiker zwei besonders ausgezeichnete und charakteristische Störungen in der Mondbewegung, die beide von der Erdabplattung abhängen. Die erste tritt bei der Bewegung unseres Mondes in demjenigen Theile hervor, den man insbesondre mit einem Instrumente bestimmt, welches auf unsern heutigen Sternwarten Mittagsfernrohr genannt wird; es ist dies die Störung des Mondlaufs in Länge. Die zweite dagegen, welche nahezu in der Richtung von Nord nach Süd stattfindet, läßt sich im Grunde nur durch Beobachtungen an einem zweiten Instrumente, nämlich mittelst des Mauerkreises erkennen; dies ist die Ungleichheit der Mondbewegung in Breite.

Diesen beiden Ungleichheiten, an sich sehr verschiedener Größe, und mittelst zweier durchaus verschiedener Instrumente erkennbar, hän-

gen durch wesentlich unterschiedene analytische Formen von einer und derselben Ursache ab, und haben nichtsdestoweniger beide zu derselben Größe der Abplattung geführt. Man muß hierbei wohl bemerken, daß diejenige Abplattung, welche in der angedeuteten Weise aus der Mondbewegung hergeleitet wird, nicht die specielle Abplattung ist, welche einer oder der andern Gegend zukommt, z. B. diejenige Abplattung, welche man aus Gradmessungen in Frankreich, oder in England, Italien, Lapland, in Nordamerika, Indien, oder in den Gegenden am Cap der guten Hoffnung hergeleitet hat; denn von diesen speciellen Abplattungen trägt eine jede Spuren derjenigen Aenderungen, welche die allgemeine Erdkrümmung zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten durch ansehnliche Hebungen erfahren hat, deren Geschichte durch die Geologie enthüllt wurde. Dadurch wird aber das Resultat aus der Mondbewegung so überaus schätzenswerth, daß uns der Mond die allgemeine Abplattung des Erdkörpers ergeben mußte und in der That ergeben hat; wir haben damit gewissermaßen eine mittlere Bestimmung erhalten, zwischen den so mannigfaltigen andern, die aus geodätischen Operationen abgeleitet worden sind.

Welches sind nun, kann man fragen, diejenigen Elemente, welche unter einander zu vergleichen und neben einander zu stellen waren, um zu Ergebnissen zu gelangen, welche bis zu den letzten Decimalen zuverlässig sind?

Einerseits sind es, lautet die Antwort, mathematische Formeln, hergeleitet aus dem Principe der allgemeinen Gravitation, andererseits, wie wir gesehen haben, sind es gewisse Unregelmäßigkeiten, welche die Beobachtungen der Meridiandurchgänge des Mondes gezeigt haben.

So könnte ein beobachtender Astronom, der von seiner Geburt an das Arbeitszimmer niemals verlassen hätte, der den Himmel niemals anders erblickte, als durch die enge von Nord nach Süd gerichtete Spalte seiner Warte, derjenigen Verticalebene entsprechend, in welcher die wichtigsten astronomischen Instrumente sich ausschließlich bewegen; dem endlich kein anderes Gesetz über die am Himmel vorüberziehenden Gestirne bekannt gewesen wäre, als das von der gegenseitigen Anziehung nach dem Newton'schen Theorem, dennoch durch bloße analytische Studien zu der Entdeckung gelangen, daß sein einfacher und enger

Aufenthalt einem abgeplatteten, ellipsoidischen Umdrehungskörper angehört, dessen Aequatorialdurchmesser die Polar- oder Rotationsaxe um etwa ein Dreihundertstel übertrifft.

Achtzehntes Kapitel.

Die Sonnenparallaxe aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet.

Schon im 2. Kapitel dieses Bandes (S. 9) haben wir gesehen, wie die Gesetze der allgemeinen Gravitation, verbunden mit der Messung der Geschwindigkeit fallender Körper an der Erdoberfläche (diese Geschwindigkeit wird aus Pendelbeobachtungen berechnet), eine genaue Bestätigung der Theorie gewährt. Umgekehrt könnten also die Beobachtungen der Mondparallaxe und des Pendels zur Berechnung der Größe unseres Planeten, sowie seines Abstandes vom Monde führen, ohne daß der Astronom genöthigt wäre, zu diesem Zwecke sein Observatorium zu verlassen. Laplace hat ferner gezeigt, daß derselbe Astronom, gleichfalls ohne lange und mühselige Reisen zu unternehmen, im Stande wäre, den Abstand der Erde von der Sonne zu bestimmen.

In der That veranlaßt die Sonne im Laufe unseres Mondes Störungen, welche einfach von der Entfernung des Tagesgestirnes von der Erde abhängen. Jedermann sieht im Allgemeinen leicht ein, daß diese Störungen abnehmen müssen bei zunehmendem Abstande, und dagegen zunehmen werden, sobald die Entfernung abnimmt; mit einem Worte, daß die Größe dieser Störungen von dem Abstande abhängig ist.

Nun ergiebt aber die Beobachtung den numerischen Werth dieser Störungen, und andererseits lehrt uns die Theorie den allgemeinen mathematischen Zusammenhang zwischen dem Sonnenabstande und andern bekannten Elementen. Sobald man aber erst bis dahin gelangt ist, bleibt die Berechnung des mittleren Halbmessers der Erdbahn nur noch eine der einfachsten algebraischen Operationen. Mittelst dieser glücklichen Combination gelang es Laplace, das so berühmte Problem der

Parallaxe zu lösen, und so fand dieser geniale Mathematiker, daß der Erdhalbmesser, in senkrechter Richtung von der Sonne aus gesehen, 8″61 groß erscheinen würde. Der Leser wird sich erinnern (vergl. 20. Buch, 30. Kap., Bd. 13, S. 280), daß diese Zahl nur ganz unmerklich von denjenigen Resultaten abweicht, die man aus den Beobachtungen der Venusvorübergänge vor der Sonnenscheibe abgeleitet hat. Offenbar liegt in einer derartigen Uebereinstimmung einer der überzeugendsten Beweise für die allgemeine Gravitation.

Neunzehntes Kapitel.

Ueber die Seculargleichung der Mondbewegung.

Die Bewegung der Erde, als eines Planeten, um die Sonne hängt zwar von der Anziehung ab, welche letztere auf die Erde übt, wird indessen auch von der Anziehung der übrigen Planeten bedingt. Daraus gehen Störungen hervor (4. Kap., S. 16), welche zwar die große Axe der Bahn unverändert lassen, dagegen Aenderungen in der Excentricität erzeugen, sowie in der Lage der Ekliptik, und in der Bewegung der Knoten und Perihellängen. Aber die Störungen der Bewegung unserer Erde spiegeln sich wieder in der Mondbahn. Die störende Kraft der Sonne auf den Mond enthält nämlich ein Glied, das von der Excentricität der Erdbahn abhängt; man erkennt daraus, daß die Bewegung unseres Mondes alljährlich beschleunigt wird, wenn die Excentricität der Erdbahn abnimmt, wie dies in der That von den ältesten Beobachtungen bis auf unsere Tage der Fall ist. Aber diese Beschleunigung wird sogleich in eine Verlangsamung übergehen, sobald die Excentricität, nachdem sie ihr Minimum einst erreicht hat, nicht mehr abnehmen, sondern vielmehr zunehmen wird. Diese Ungleichheit in der mittleren Bewegung unseres Mondes heißt Seculargleichung; obgleich dieselbe sehr gering ist, so zeigt sie dennoch in merklich vergrößertem Maßstabe die Abnahme der Excentricität der Erdbahn selbst. Halley war der Erste, der diese Ungleichheit wahrnahm; das Vorhandensein derselben bestätigten hierauf Dunthorne und Tob. Mayer durch gründliche Untersuchung der neuern Beobachtungen und der von den

Chaldäern und Arabern beobachteten Finsternisse. Außer Stande, eine Erklärung für diese Erscheinung aufzustellen, hatten manche Astronomen dieselbe, was freilich das Bequemste war, einfach geleugnet, bis Laplace endlich nachwies, daß sie nur von den Gesetzen der allgemeinen Gravitation abhängt [10]).

Die mittlere Einwirkung der Sonne auf den Mond hängt überdies auch von der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik ab; man konnte deshalb vermuthen, daß, da die Lage der Ekliptik veränderlich ist, auch in der Bewegung unseres Mondes gleichfalls Seculargleichungen entstehen müßten, denjenigen ähnlich, welche durch die Aenderung der Excentricität der Erdbahn entstehen. Laplace hat indessen auf analytischem Wege gefunden, daß die Mondbahn infolge der Einwirkung der Sonne unaufhörlich in dieselbe Neigung gegen die Erdbahn zurückgeführt wird, dergestalt, daß die größten und die kleinsten Monddeclinationen, infolge der Secularänderungen der Schiefe der Ekliptik, denselben Aenderungen unterliegen, wie die entsprechenden Sonnendeclinationen. Gleichfalls erleiden die Excentricität der Mondbahn und die große Axe infolge der Aenderungen der Excentricität der Erdbahn nur ganz unmerkliche Aenderungen.

Anders verhält es sich dagegen mit den Aenderungen der Bewegung der Knotenlinie und der Erdnähe (Perigäum) des Mondes. Aus einer äußerst feinen und schwierigen Untersuchung dieser Aenderungen hat Laplace das Ergebniß gezogen, daß die mittleren Bewegungen, sowohl des Perigäums als des Knotens, abnehmen, so lange die mittlere Bewegung des Mondes selbst zunimmt; die Seculargleichungen dieser drei Bewegungen stehen unter einander beständig im Verhältniß der Zahlen 0,735, 3 und 1. Daraus folgt sogleich, daß die drei Bewegungen des Mondes in Bezug auf die Sonne, auf sein Perigäum und seine Knotenlinie sich beschleunigen, und daß sich deren Seculargleichungen unter einander verhalten wie die Zahlen 1, 4 und 0,265.

„Die zukünftigen Jahrhunderte," dies sind Laplace's Worte, „werden diese großen Ungleichheiten entwickeln, aus denen einst in der hundertjährigen Bewegung des Mondes Aenderungen bis zum vierzigsten Theile des Kreisumfanges hervorgehen werden; in der hundertjährigen Bewegung des Perigäums hingegen werden sie sogar den

dreizehnten Theil des Kreisumfanges erreichen. Indessen sind diese Ungleichheiten nicht ununterbrochen im Wachsen begriffen; sie sind im Gegentheil periodischer Natur, wie es auch die Ungleichheiten in der Excentricität der Erdbahn sind, von welcher sie abhängen; die Periode beträgt Millionen von Jahren. Im Laufe der Jahrhunderte müssen durch diese Umstände auch jene Zeitperioden abgeändert werden, die man ersonnen hat, um vollständige Umläufe des Mondes in Bezug auf seine Knoten, sein Perigäum und in Bezug auf die Sonne zu erhalten."

Zwanzigstes Kapitel.

Ursache der Libration des Mondes.

Dem nachdenkenden Menschen bietet der gestirnte Himmel kaum einen Gegenstand, der auffälliger und befremdender wäre, als es die vollkommene Gleichheit der mittleren Winkelbewegung beim Umlauf und bei der Umdrehung unseres Mondes ist. Infolge dieser vollkommenen Gleichheit wendet der Mond unserer Erde fortwährend dieselbe Seite zu (21. Buch, Kap. 10, 11 und 29). Die heutzutage sichtbare Hemisphäre ist genau dieselbe, welche unsere Vorfahren in den allerältesten Zeiten gesehen haben; und ebendieselbe werden auch unsere spätesten Enkel noch beobachten.

Die Endzwecke, welche manche Philosophen in so hohem Maße und nicht frei von Uebertreibung herbeigezogen haben, um über zahlreiche Erscheinungen in der Natur Rechenschaft zu geben, konnten in dem uns gegenwärtig beschäftigenden Falle unmöglich Anwendung finden. Denn wie wollte man in der That behaupten, es könne für den Menschen nützlich und interessant sein, stets dieselbe Hälfte der Mondkugel zu betrachten, ohne jemals die entgegengesetzte zu erblicken? Andererseits hingegen konnte man sich nicht verbergen, wie sehr unwahrscheinlich es an sich sei, daß zwischen Elementen, welche, wie die fortschreitende und die rotirende Bewegung eines bestimmten Himmelskörpers, unter einander ohne jeden nothwendigen Zusammenhang sind, vollkommene, mathematisch strenge Gleichheit bestehe. Dazu gesellten

sich noch zwei andere, ebenso außerordentliche numerische Uebereinstimmungen: nämlich in Bezug auf die Firsterne identische Stellung des Mondäquators und der Bahn des Mondes, verbunden mit streng gleicher Präcessionsbewegung dieser beiden Ebenen. Alle diese seltsamen Phänomene hat der ältere Cassini entdeckt; die Gesammtheit derselben begreift man in der Astronomie mit dem Namen der Librationserscheinungen.

Noch bildete die Libration des Mondes eine große und peinliche Lücke in der physischen Astronomie, als sie Lagrange auf einen besondern Umstand in der Figur unseres Mondes zurückführte und sie, als Folge der von der Erde aus nicht wahrnehmbaren Abweichung des Mondes von der Kugelgestalt, auf die allgemeine Gravitation zurückführte.

Zu der Zeit, wo der Mondkörper in festen Zustand überging, nahm er unter der Einwirkung der Erde eine weniger regelmäßige und weniger einfache Gestalt an, als der Fall gewesen wäre, wenn sich kein fremder, mit Anziehung begabter Körper in der Nähe befunden hätte. Unter dieser Einwirkung unserer Erde nahm der Mondäquator, der ohne diesen Umstand Kreisgestalt erhalten hätte, eine elliptische Form an. Dabei erhielt der Mondäquator zwar nichtsdestoweniger rundum eine Anschwellung, nur wurde die Hervorragung des gegen die Erde gerichteten Aequatorialdurchmessers vier Mal größer, als die des senkrecht auf unsere Gesichtslinie stehenden Durchmessers.

Könnte demnach ein Beobachter sich im Raume so aufstellen, daß er den Mond von der Seite betrachtete, so müßte ihm derselbe als ein gegen die Erde hin verlängerter Körper erscheinen, nicht ganz unähnlich einem Pendel ohne Aufhängepunkt. Hat man nämlich ein Pendel aus der verticalen Stellung entfernt, so wird es bekanntlich durch die Schwere in diese Lage zurückgeführt; ebenso wird die große Are des Mondkörpers, sobald sie sich aus ihrer gewöhnlichen Stellung entfernt hat, durch die Erde nothwendig in die frühere Lage zurückgeführt.

Damit ist diese an sich so befremdliche Erscheinung vollständig erklärt, ohne daß es nöthig wäre, eine gewissermaßen wunderbare Uebereinstimmung zwischen den von einander ganz unabhängigen Bewegungen des Umlaufs und der Umdrehung zu Hülfe zu rufen. Infolge dessen wird der Mensch zu keiner Zeit die abgewendete Seite des

Mondes erblicken; wir kannten diese Thatsache vorher wohl durch die Beobachtung, gegenwärtig aber wissen wir außerdem, daß diese Erscheinung ihren Grund hat in einer physischen Ursache, die sich zwar berechnen läßt, aber nur dem geistigen Auge wahrnehmbar ist; wir wissen ferner, daß das Phänomen von derjenigen Verlängerung eines Monddurchmessers herrührt, die zu jener Zeit eintrat, wo der Mond, unter der Anziehungskraft der Erde, aus dem flüssigen in den festen Zustand überging.

Selbst wenn anfänglich ein geringer Unterschied bestanden hätte zwischen der rotirenden und der fortschreitenden Bewegung des Mondes, so würde die Anziehung der Erde strenge Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Bewegungen herbeigeführt haben. Zugleich hätte es nur dieser Anziehung bedurft, um einen geringen Mangel an Uebereinstimmung aufzuheben, der etwa im Anfange zwischen den beiden Durchschnittslinien des Mondäquators und der Mondbahn mit der Ebene der Ekliptik bestanden haben konnte.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Ueber die Präcession der Aequinoctien und die Nutation der Erdaxe.

Bereits früher haben wir erfahren, daß sich die Abplattung der Erde in den Bewegungen des Mondes abspiegelt; man darf nun fragen, ob ein Einfluß dieser Abplattung sich nicht auch in der Bewegung unserer eigenen Erdkugel bemerklich mache. Dies bestätigt sich in der That bei genauerer Betrachtung zweier Erscheinungen, deren Entdeckung den Astronomen zu großer Ehre gereicht, nämlich der Präcession der Aequinoctien (oder des Vorrückens der Nachtgleichenpunkte), und der Nutation (oder des Schwankens) der Erdaxe.

Dem Leser ist schon hinlänglich bekannt, daß man unter dem Namen Frühlingsäquinoctialpunkt denjenigen Punkt im Aequator versteht, in welchem sich die Sonne in dem Augenblicke befindet, wo sie von der Südseite des Aequators auf die Nordseite übertritt: ebenso ist erinnerlich, daß der diametral gegenüberstehende Punkt, welchen die Sonne nämlich dann einnimmt, wenn sie von der Nordseite zur Süd-

seite zurückkehrt, Herbstäquinoctium genannt wird. Derjenige Durchmesser, an dessen Enden sich die genannten Punkte an der Himmelskugel befinden, ist die gemeinschaftliche Durchschnittslinie der Ebene der Ekliptik mit dem Himmelsäquator, d. h. mit derjenigen Ebene, welche senkrecht steht auf der Weltaxe, um welche die scheinbare Umdrehung der Himmelskugel oder die wirkliche tägliche Umdrehung der Erde stattfindet. Die Präcession der Aequinoctien besteht nun, wie wir bereits im siebenten Buche gesehen haben (Bd. 11, S. 226), darin, daß der in Rede stehende Durchmesser alljährlich um 50″ 3 seine Lage ändert, und zwar in der Richtung von Ost nach West. Daraus folgt unmittelbar, daß der Zeitpunkt des Frühlingsäquinoctiums in jedem Jahre um eine bestimmte Quantität früher eintritt, als der Fall sein würde, wenn die Präcession nicht stattfände. Nun geschieht die Präcessionsbewegung parallel der Ebene der Ekliptik, und demgemäß bleiben die Breiten der Sterne unverändert; es ändern sich die Geradeaufsteigungen, die Abweichungen und die Längen (Bd. 11, Buch 7, Kap. 4), weil die Bewegung nicht dem Aequator parallel und der Nullpunkt der Zählung für die Geradeaufsteigungen und die Längen ebenderselbe Frühlingsäquinoctialpunkt ist, der seine Lage alljährlich verändert.

Infolge der Präcession der Aequinoctien werden nicht in allen Jahrhunderten dieselben Gruppen von Sternen, dieselben Sternbilder während der Nächte einer jeden Jahreszeit am Himmel erblickt. Im Laufe der Jahrhunderte müssen sich vielmehr unsere jetzigen Wintergestirne im Sommer zeigen, und ebenso werden umgekehrt die sommerlichen Bilder einst in den Winternächten glänzen.

Infolge der Präcession der Aequinoctien bleibt ferner der Pol nicht immer an demselben Orte auf der Himmelskugel. Jener helle Stern, den wir gegenwärtig den Polarstern nennen, stand in alten Zeiten weit vom Weltpole entfernt, und nach einer Anzahl von Jahrhunderten wird er sich abermals vom Pole entfernt haben. Den Namen Polarstern wird man im Laufe der Zeiten nach und nach weit von einander belegenen Sternen geben, z. B. den Sternen γ und α im Cepheus, δ im Schwan, α in der Leyer, ι im Herkules, α im Drachen. Man kann diesen Umstand deutlich übersehen auf der Karte

des nördlichen gestirnten Himmels Fig. 102 im ersten Bande der Astronomie. Der volle Umlauf des Pols währt 25765 Jahre, wenn man nämlich als Betrag der jährlichen Präcession 50″ 3 gelten läßt, als Resultat der neuesten Beobachtungen; man würde 25870 Jahre erhalten, wollte man die Präcession in runder Zahl auf 50″ setzen.

Hipparch gebührt das große Verdienst, die Präcession der Aequinoctien entdeckt zu haben; alle Folgen, welche diese Bewegung hervorruft, leitete er mit voller Klarheit ab.

Zur Erklärung der Präcessionsbewegung boten sich den Astronomen zwei Theorien dar; die eine besteht in der Annahme, daß, die Erde als unbeweglich gedacht, die Durchschnittslinie ihres Aequators mit der Ekliptik unverändert bleibt, während der gesammte Fixsternhimmel eine jährliche, von West nach Ost gerichtete Verrückung von etwa 50″ jährlich erleidet. Der zweiten Annahme zufolge müßte die Weltaxe um den Pol der Ekliptik kreisen, und bei dieser Bewegung den auf ihr senkrecht stehenden Aequator mit sich herumführen, dergestalt, daß die Richtung des Durchschnitts dieser letztgenannten Ebene mit der Ebene der Ekliptik sich jährlich um 50″ änderte.

Sobald der Theoretiker bei Erklärung von Naturerscheinungen einmal auf Abwege gerathen ist, vermehrt jede zuverlässige und genaue Beobachtung die Schwierigkeiten. So genügten sogar sieben ineinander gefügte Krystallsphären nicht mehr, die Erscheinungen darzustellen, nachdem der berühmte Astronom auf Rhodos die Entdeckung der Präcession gemacht hatte. Man bedurfte vielmehr eines achten krystallenen Himmels, um eine Bewegung darzustellen, welche allen Sternen ohne Ausnahme gemeinschaftlich zukommt.

Kopernikus dagegen vermochte in einfachster Weise alle Umstände der Präcession bis ins kleinste Detail zu erklären, nachdem er der Erde ihre angebliche Unbeweglichkeit geraubt hatte. Er ging dabei von der Annahme aus, daß die Umdrehungsaxe der Erde nicht in aller Strenge sich selbst parallel bleibe, und daß nach jedem ganzen Umlaufe unserer Erdkugel um die Sonne, dies Gestirn eine geringe Verrückung erlitten habe; mit einem Worte, statt die gesammten Circumpolarsterne auf eine bestimmte Weise dem Pole entgegenrücken zu lassen, ließ er vielmehr den Pol den Sternen entgegenrücken. Dadurch wurde der ganze

Mechanismus der Welt von jener äußersten Complication befreit, welche ihm die früheren Systematiker beigelegt hatten.

Unterdessen ist aber der Vorgang bei der Präcession nicht ganz so einfach, wie man ihn vor Erfindung der Fernröhre sich gedacht hatte. Nachdem Bradley an die Sternörter die von der Aberration des Lichtes herrührenden Correctionen angebracht hatte, erkannte er neue Ortsveränderungen bei den Sternen, darin bestehend, daß ein und derselbe Stern, nachdem er sich einige Zeit hindurch dem Nordpole genähert hatte, sich späterhin wieder davon entfernte; zugleich fand er, daß diese langsamen Aenderungen, wie er sie bei einem bestimmten Sterne beobachtet hatte, mit denjenigen gleichartigen übereinstimmten, welche sich bei allen übrigen Sternen zeigten. Jener gefeierte Astronom kam bald zu der Ueberzeugung, daß diese Aenderungen nur in dem Umstande ihren Grund haben konnten, daß die Erdaxe um ihre mittlere Lage nach der einen und der andern Seite hin schwanke. Diese periodische Schwankung hat man mit dem Namen der Nutation belegt.

Dadurch kommt eine neue, größere Complication in den Weg, welchen unsere Erde durch den Raum sowohl bei ihrem jährlichen Umlaufe um die Sonne zurücklegt, als bei ihrer Umdrehung um die Polaraxe. Nehmen wir an S sei die Sonne, die krumme Linie MN (Fig. 321) sei die Ekliptik und EE die Nachtgleichenlinie, d. h. die gemeinschaftliche Durchschnittslinie der Ebene der Ekliptik mit dem Himmelsäquator; errichten wir eine Senkrechte SV auf der Ebene MN, so wird diese Senkrechte die Axe der Ekliptik sein. In einem bestimmten Augenblicke soll die Erde sich in T befinden; wir ziehen durch T eine Parallele TV′ mit SV; die Umdrehungsaxe der Erde wird dann eine Gerade TP sein, wobei der Winkel V′TP die Neigung des Erdäquators gegen die Ebene der Ekliptik ausdrückt. Die mit EE parallele Linie E′E′ wird alsdann die Spur des Erdäquators auf der Ekliptik vorstellen.

Fände nun die Erscheinung der Präcession der Aequinoctien nicht statt, so müßte, wenn die Erde bei ihrem Umlaufe um die Sonne in der Richtung des Pfeils ab, ein Jahr nach dem zuerst betrachteten Zeitpunkte nach T zurückkäme, die Polaraxe unserer Erde sich wiederum in TP befinden. Dies geschieht jedoch nicht, und darin besteht Hip-

parch's Entdeckung. Nach Verlauf eines Jahres befindet sich die Axe der Erdpole vielmehr in TP′; folglich ist die Spur des Erdäquators jetzt nothwendig e′e′, und die mit e′e′ parallele Aequinoctiallinie ee ist zurückgewichen. Außerdem aber bleibt der Winkel V′TP′, den die Axe durch die Erdpole mit der Axe durch die Pole der Ekliptik bildet, nicht ganz unverändert. Im Allgemeinen hat dieser Winkel das Bestreben langsam abzunehmen, und unter den beobachteten Mittelwerth in diesem Jahrhundert, nämlich 23° 27′ 30″ hinabzugehen; seine

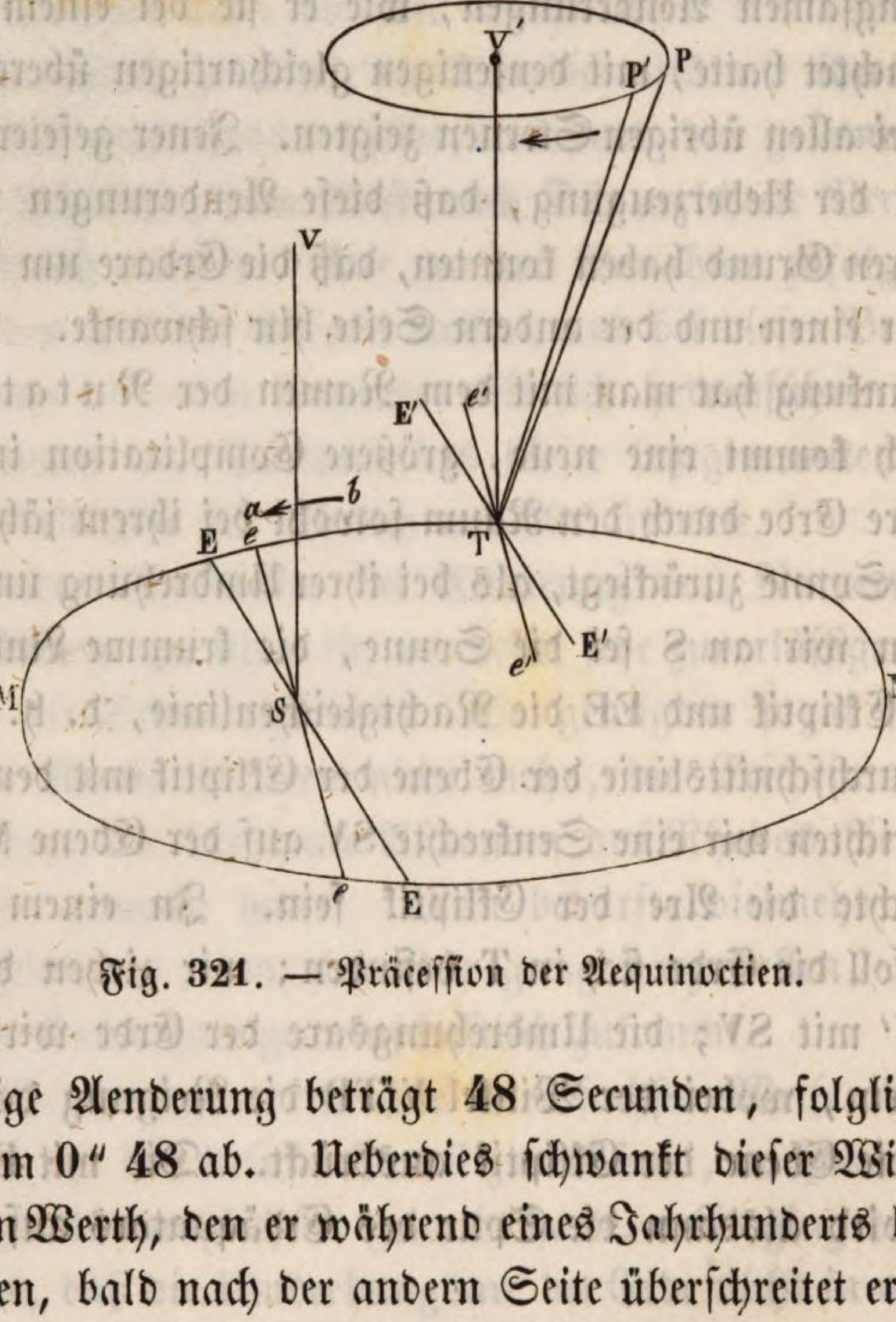


Fig. 321. — Präcession der Aequinoctien.

hundertjährige Aenderung beträgt 48 Secunden, folglich nimmt er alljährlich um 0″ 48 ab. Ueberdies schwankt dieser Winkel um seinen mittleren Werth, den er während eines Jahrhunderts besitzt. Bald nach der einen, bald nach der andern Seite überschreitet er seinen Mittelwerth um eine Größe, die bis zu 9″ 65 steigt. Statt daß der Pol P an der Himmelskugel eine krumme Linie GH (Fig. 322) um den Pol der Ekliptik im Verlaufe von 25000 bis 26000 Jahren beschreiben sollte, retrogradirt der Pol P auf einer kleinen Ellipse xrys im Verlaufe von etwa 18⅔ Jahren; die große Axe rs dieser Ellipse beträgt 19″ 3,

die kleine dagegen 14″4. Der Pol kommt jedesmal nach s zurück, wenn der aufsteigende Mondknoten sich im Frühlingsäquinoctium befindet (vergl. 21. Buch, Kap. 1); hierin liegt eine unverkennbare Uebereinstimmung in den Bewegungen, die zu dem Schlusse berechtigt, daß die Ursachen, welche dieselben hervorrufen, möglicherweise identisch seien. Die Nutation der Erdaxe kommt auf den Umstand hinaus, daß diese Axe, statt unverändert die Richtung TP zu haben, nach und nach die Zwischenlagen wie Ts, Tx, Tr, Ty annimmt. Der Winkel, den die Bahnebene des Mondes mit der Ebene der Ekliptik einschließt, erleidet gleichfalls eine kleine Aenderung. Statt eines unveränderlichen Werthes von 5° 8′ 47″9 (21. Buch, Kap. 10), ist der Winkel, welchen die Mondaxe mit der Axe der Ekliptik bildet, wie Tycho zuerst gefunden hat, zu verschiedenen Zeiten etwas größer oder kleiner. Die äußersten Gränzen liegen 17′ 34″ aus einander, und die ganze Schwankung um die mittlere Lage findet zwei Mal in etwa 29½ Tagen statt. Darin besteht die Nutation der Mondaxe, welche, wie man sieht, der Nutation der Erdaxe durchaus analog ist.

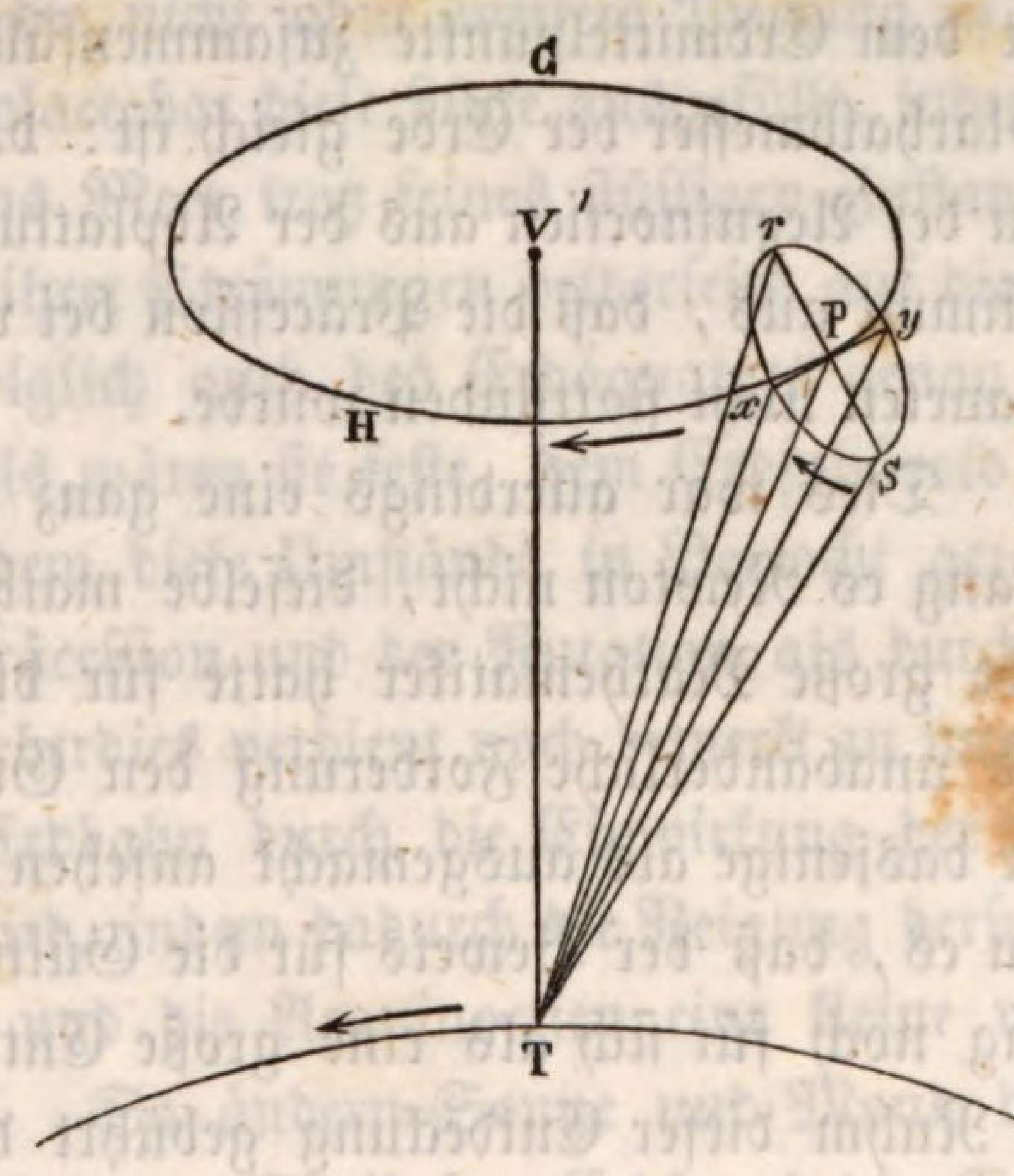


Fig. 322. — Nutation der Erdaxe.

Die allgemeine Gravitation erklärt ohne Schwierigkeit das Rückwärtsgehen der Knotenlinie des Mondes, sowie die Nutation seiner Axe. Denn da der Mond, bei seinem Umlaufe um die Erde, in der That bald entfernter, bald näher bei der Sonne ist, so geht daraus offenbar eine die Elemente seiner Bewegung afficirende Störung hervor. Die aus der Theorie hervorgehende Rechnung stellt alle besondern Umstände des Phänomens genau so dar, wie sie die Beobachtung ergibt.

Ist nun aber, entsteht die Frage, die allgemeine Anziehung zugleich auch die bewegende Kraft, welche, indem sie die Lage der Weltaxe alljährlich verändert, diese Axe im Verlaufe von 25000 bis 26000 Jahren einen vollen Kreis von etwa 47 Graden im Durchmesser durchlaufen läßt?

Newton stellte die richtige Vermuthung auf, daß diese Kraft aus der gemeinschaftlichen Wirkung der Sonne und des Mondes auf diejenigen materiellen Theile der Erde hervorgehe, welche in der Gegend des Aequators sich über diejenige Kugel erheben, deren Mittelpunkt mit dem Erdmittelpunkte zusammenfällt, und deren Halbmesser dem Polarhalbmesser der Erde gleich ist: d. h. Newton leitete die Präcession der Aequinoctien aus der Abplattung der Erde her, und sprach es bestimmt aus, daß die Präcession bei vollkommener Kugelgestalt eines Planeten nicht stattfinden würde.

Dies war allerdings eine ganz richtige Vermuthung, dennoch gelang es Newton nicht, dieselbe mathematisch zu begründen. Derselbe große Mathematiker hatte für die Naturbetrachtung als strenge und unabänderliche Forderung den Grundsatz aufgestellt, man dürfe nur dasjenige als ausgemacht ansehen, was sich beweisen ließe. So kam es, daß der Beweis für die Gültigkeit der Newton'schen Vorstellung noch für sich als eine große Entdeckung zu betrachten ist, und der Ruhm dieser Entdeckung gebührt d'Alembert. Er hat zuerst bewiesen, daß der am Aequator hervorragende Theil der Erde, der sich gleichsam wie eine Wulst um diejenige Kugel legt, deren Durchmesser die Polaraxe ist, durch die Anziehung der Sonne nothwendig eine rückwärtsgehende Bewegung erhalten muß, welche den übrigen Theil der Erde in die allgemeine Bewegung mit hineinzieht, dergestalt, daß die Polaraxe nach Verlaufe von etwa 25000 bis 26000 Jahren [11]) wiederum auf dieselben Fixsterne gerichtet ist.

Aus der allgemeinen Anziehung hat d'Alembert auch die durch Bradley entdeckte Störung der Präcession erklärt, die wir bereits oben die Schwankung oder Nutation der Erdaxe genannt haben. Er hat nämlich nachgewiesen, daß diese Axe, infolge der Einwirkung des Mondes auf den hervorragenden Theil des Erdkörpers, eine ununterbrochene Schwankung erleiden muß, deren Periode, wie bereits bemerkt

wurde, der Zeitdauer nach ($18\frac{2}{3}$ Jahre) mit derjenigen genau übereinstimmt, innerhalb welcher die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Ekliptik die 360 Grade des vollen Umkreises durchläuft.

Während also die Sonne durch ihre Einwirkung auf den hervorragenden Aequatorealgürtel der Erde die Präcession erzeugt, bringt der Mond durch eine ähnliche Wirkung die Nutation hervor. Von diesem mechanischen Problem, das Newton aufgestellt hatte, gab d'Alembert, und nach ihm Euler, eine befriedigende Auflösung. Dennoch hatten jene beiden berühmten Mathematiker gewisse physische Umstände gänzlich außer Acht gelassen, die nicht ohne weitere Prüfung zu vernachlässigen waren. Erst Laplace hat diese Lücke ausgefüllt, indem er den Nachweis führte, daß das Meer trotz seines flüssigen Zustandes, und daß die Atmosphäre trotz ihrer Strömungen beiderseits auf die Bewegungen der Erdaxe und folglich auch des Erdäquators genau dieselbe Einwirkung ausüben, als wären sie feste, dem Erdsphäroid anhaftende Massen. Erst nachdem diese Umstände in Betracht gezogen waren, ist die Theorie der Präcession und der Nutation als durchaus vollständig zu betrachten. Ueberdies verdient noch bemerkt zu werden, daß die Lage der Ebene der Erdbahn durch die Einwirkung der Planeten fortwährend geändert wird, indem dadurch die Neigung derselben gegen den Aequator wechselt und die Aequinoctien eine kleine rechtläufige Bewegung annehmen. So ändern Sonne und Mond durch ihre Wirkung auf den abgeplatteten Theil der Erdkugel die Gesetze jener Störungen, welche die mit der Erde gemeinschaftlich um die Sonne gravitirenden Planeten erzeugen.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Unveränderliche Lage der Erdpole.

Es entsteht die Frage, ob die Axe, um welche unsere Erde im Laufe von je 24 Stunden eine ganze Umdrehung vollführt, das Erdsphäroid stets und unveränderlich in denselben materiellen Punkten trifft; mit andern Worten, ob sich die Rotationspole, welche, wie wir bereits sahen, im Laufe der Jahre andern Fixsternen ent-

sprechen, auch auf der Erdoberfläche merklich verschieben. Fällt die Antwort auf diese Frage bejahend aus, so ändert auch der Aequator, gleichwie die Pole, seine Lage; dann sind natürlicher Weise auch die Breiten auf der Erde veränderlich, und keine Gegend kann im Laufe der Zeiten, selbst wenn man sich nur an die Mittelgrößen halten wollte, ein constantes Klima besitzen. Es müßten infolge davon die verschiedensten Regionen der Reihe nach in die Gegend der Pole wandern, und die erschrecklichen Wirkungen, welche ich im 20. Buche (Kap. 25, S. 266) geschildert habe, würden an der Oberfläche unseres Planeten unfehlbar eintreten. Findet aber das Gegentheil statt, so haben wir überall auf der Erde das Gepräge einer bewundernswürdigen Beständigkeit.

Die in Anregung gebrachte Frage ist eine der wichtigsten in der ganzen Astronomie, sie läßt sich aber, da die alten Polhöhenbestimmungen höchst ungenau sind, nicht durch die Beobachtungen allein zur Entscheidung bringen. Laplace hat indessen auch diese Lücke durch die mathematische Analyse auszufüllen verstanden: er hat nachgewiesen, daß keine mit der allgemeinen Gravitation zusammenhängende Ursache im Stande ist, jene Axe, um welche sich scheinbar der Himmel dreht, in merklicher Weise auf der Oberfläche des Erdsphäroids zu verrücken. Der Ocean nämlich, weit entfernt die Unveränderlichkeit der Umdrehung unserer Erde um eine und dieselbe Axe zu beeinträchtigen, muß im Gegentheil diese Axe in unveränderter Lage erhalten, zufolge der leichten Beweglichkeit des Wassers und der Widerstände, welche den Schwankungen jener großen Wassermassen entgegentreten.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Unveränderlichkeit der Tagesdauer.

Dieselben Folgerungen, welche ich in Betreff der unveränderlichen Lage der Pole auf unserer Erde erwähnt habe, finden ferner Anwendung auf die Dauer der Umdrehungsbewegung der Erde, d. h. auf den Sterntag, welcher die wahre Einheit aller Zeitmessung ist. Die Wichtigkeit dieses Elementes hat Laplace veranlaßt, numerisch zu unter-

suchen, ob dasselbe durch innere Ursachen, z. B. Erdbeben und feuerspeiende Berge, möglicherweise Veränderungen erleiden könnte. Das Ergebniß fiel durchaus verneinend aus; ich kann die Gelegenheit hier nicht vorübergehen lassen, ohne von der Methode, welche Laplace in diesem Falle anwandte, um die Unveränderlichkeit der Dauer des Sterntages zu beweisen, einiges Nähere anzugeben.

Unter einem mittleren Sonnentage versteht man die Zeit, welche die Erde gebraucht, um eine volle Umdrehung um ihre eigene Axe zu machen, wenn diese Zeit noch um diejenige Größe vermehrt wird, welche der scheinbaren mittleren Bewegung der Sonne während eines Tages entspricht. Aus der Theorie ist erwiesen, daß die mittlere scheinbare Bewegung der Sonne, wie die aller Planeten, unveränderlich ist; demnach könnte die Dauer des Sonnentages sich nur infolge einer Aenderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde ändern.

Unter Mondmonat versteht man diejenige Zeitdauer, welche der Mond gebraucht, um in Beziehung auf die Sonne zu einer bestimmten Stellung, z. B. zur Conjunction, zurückzukehren. Offenbar ist diese Zeitdauer durchaus unabhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde; unsere Erde könnte sogar um ihren Mittelpunkt zu rotiren aufhören, ohne daß die fortschreitende Bewegung dadurch in irgend einer Weise geändert würde. Dieser Umstand bietet uns ein leichtes Mittel zu untersuchen, ob die Dauer des mittleren Sonnentages eine Aenderung erlitten hat.

Nehmen wir nämlich an, es werde gegenwärtig durch directe Beobachtungen die Dauer eines Mondmonats festgestellt, d. h. ermittelt, wie viele Tage und Bruchtheile des Tages der Mond gebraucht, um zu seiner Conjunction mit der Sonne zurückzukehren. Es leuchtet ein, daß wenn diese Beobachtung zu einer andern Zeit wiederholt wird, man jedenfalls ein anderes Resultat erhält, wenn die Tagesdauer nicht constant gewesen ist, selbst in dem Falle, wo sich die Geschwindigkeit des Mondes unterdessen unverändert erhalten hätte: es wird z. B. der Monat länger erscheinen, wenn die Tagesdauer abgenommen, und im Gegentheil kürzer, wenn der Tag an Länge zugenommen hat. Findet man dagegen, daß der Mondmonat sich nicht geändert hat, so liegt darin ein Beweis für die Beständigkeit der

Tageslänge. Nun geht aber aus allen Beobachtungen hervor, daß die Dauer des Mondmonats seit den Zeiten der Chaldäer bis auf uns in fortwährender Abnahme begriffen gewesen ist. Nach dem Vorhergehenden sind also nur zwei Fälle denkbar: entweder hat die Geschwindigkeit des Mondes zugenommen, oder der Sonnentag hat eine etwas längere Dauer, als in früheren Zeiten. Laplace hat aber durch die Theorie gefunden, wie schon früher erwähnt wurde, daß in der Mondbewegung eine Störung unter dem Namen Seculargleichung vorhanden ist, die von der Aenderung der Excentricität der Erdbahn herrührt, und deren Werth sich für jedes Jahrhundert aus dieser Aenderung der Excentricität herleiten läßt. Mit Hinzuziehung dieser Seculargleichung läßt sich die Geschwindigkeitszunahme des Mondes vollkommen darstellen, und man hat fernerhin keinen Grund zu der Vermuthung, die Dauer des Tages habe eine irgend merkliche Aenderung erfahren.

Nehmen wir, nach dem Vorgange Laplace's, einmal an, die gegenwärtige Tagesdauer übertreffe diejenige, welche zu Hipparch's Zeiten stattfand, um den hunderten Theil einer Zeitsecunde. Die Dauer des gegenwärtigen Jahrhunderts oder von 36525 Tagen würde unter dieser Annahme $365^1/_4$ Secunden länger sein, als vor zweitausend Jahren (bekanntlich lebte Hipparch etwa 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung). In dieser Zeit von 365 Secunden beschreibt der Mond einen Bogen von 3′ 19″, und diese Größe müßte also den Unterschied zwischen den Bogen ausdrücken, welche der Mond in hundert Jahren in der jetzigen Zeit durchläuft und in Hipparch's Zeiten zurücklegte. Da aber die aus den Beobachtungen abgeleitete hundertjährige Bewegung, wenn man die Seculargleichung anbringt, keinen so beträchtlichen Unterschied zeigt, so folgt daraus mit aller Bestimmtheit, daß die Tagesdauer während eines so langen Zeitraumes nicht um den hunderten Theil einer Secunde sich verändert hat.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Von Ebbe und Flut.

Die Erscheinungen der Ebbe und Flut, welche ein alter Schriftsteller verzweiflungsvoll das Grab der menschlichen Wißbegier genannt hat, sind von Laplace aus einer analytischen Theorie hergeleitet worden, in welcher er zum ersten Male die physikalischen Bedingungen der Frage vollständig berücksichtigte. Infolge dieser Bearbeitung wagen es heutzutage die Berechner, zum unermeßlichen Vortheile der Seefahrt an unsern Gestaden, die Umstände großer Fluten nach Zeit des Eintretens und nach ihrer Höhe, mehrere Jahre im Voraus zu bestimmen, und zwar mit eben derselben Zuversicht, als handelte es sich um die einzelnen Vorgänge bei einer Finsterniß.

Zwischen den Erscheinungen der Ebbe und Flut des Meeres, und den Wirkungen der Anziehung, welche Sonne und Mond auf die Wassermasse ausüben, die etwa drei Viertheile unserer Erdkugel bedeckt, besteht ein nothwendiger, innerer Zusammenhang, aus welchem Laplace im Stande gewesen ist, gestützt auf zwanzigjährige Beobachtungen der Flutzeiten und der Wasserhöhen zu Brest, wiederum einen sehr nahe richtigen Werth für die Mondmasse herzuleiten. Ich weiß nur ein Mittel, um die hohe Bewunderung noch zu vermehren, welche jeder aufmerksame Leser sicherlich für eine Theorie empfindet, welche derartige Schlußfolgerungen zuläßt. Zu diesem Zwecke werde ich eine geschichtliche Anführung benutzen, und daran erinnern, daß im Jahre **1631** der berühmte Galilei, in seinen weltbekannten Dialogen[12]), noch so weit davon entfernt war, den mathematischen Zusammenhang zu ahnen, aus welchem Laplace so bewunderswürdige, und zugleich so unzweifelhafte und so nützliche Resultate herleitete, daß er sich wegwerfend über den Keppler'schen Gedanken äußerte, demzufolge der Einfluß des Mondes einen gewissen Antheil auf die täglichen und periodischen Bewegungen des Meerwassers haben sollte. Ebbe und Flut des Oceans erklärte Keppler durch die täglichen Aenderungen, welche die Umdrehung der Erde, combinirt mit dem Umlaufe um die Sonne, in der absoluten Bewegung jedes Wassertheilchens hervorbringt. Aus diesem Grundgedanken Keppler's wußte der große

Newton die Wahrheit hervorzulocken, indem er der Erste war, welcher die oceanische Ebbe und Flut aus seiner Theorie der allgemeinen Gravitation ableitete. Er betrachtete dabei das Wasser als eine Flüssigkeit von gleicher Dichtigkeit, wie die Erde; ging ferner von der Annahme aus, der Ocean bedecke die Oberfläche vollständig, und wies unter diesen Voraussetzungen nach, daß diese flüssige Masse unter der Einwirkung der Sonne die Gestalt eines Ellipsoids annehmen muß, dessen große Axe beständig zur Sonne gerichtet ist. Ferner muß die größte Fluthöhe in jedem Hafenorte, die Sonne im Aequator gedacht, um Mittag und um Mitternacht eintreten, so wie der tiefste Stand des Wassers bei Aufgang und Untergang dieses Gestirns statt finden wird. Daß die Wirkung in dieser Weise eintreten muß, davon kann man sich leicht folgendermaßen überzeugen. Würden die sämmtlichen Wassertheilchen mit gleicher Kraft und in paralleler Richtung von der Sonne angezogen, so müßten sowohl die ganze Erdkugel, als das Wasser, welches sie bedeckt, diesen Kräften gemeinschaftlich folgen, und auf diese Weise bliebe das Gleichgewicht des Oceans ungestört. Der Vorgang in der Natur ist aber hiervon verschieden, denn ein Wassertheilchen, welches in Bezug auf die Sonne und den Erdmittelpunkt in Conjunction steht, wird offenbar von der Sonne stärker angezogen, als der Mittelpunkt der Erde, folglich ist die Schwere dieses Theilchens an der Oberfläche der Erde verringert. Nach Verlauf eines halben Tages befindet sich dies Wassertheilchen in Opposition mit der Sonne, welche alsdann eine weniger starke Anziehung darauf ausübt, und die Kraft, mit welcher das Theilchen an der Erdoberfläche haftet, wird durch die Anziehung der Sonne gleichfalls vermindert. Infolge des Umstandes, daß die Entfernung der Sonne von der Erde, verglichen mit dem Erdhalbmesser, sehr groß ist, ergibt sich die Verringerung der Schwere in beiden Fällen als nahezu dieselbe.

Die Einwirkung des Mondes auf das Meer erzeugt ein, dem von der Sonne erzeugten, ähnliches Ellipsoid, doch ist dies letztere aus dem Grunde stärker verlängert, weil die Wirkung des Mondes größer ist.

Man sieht ferner leicht ein, daß, wenn diese beiden getrennten Wirkungen der Sonne und des Mondes in einem und demselben oder

in entgegengesetztem Sinne thätig sind, dadurch große oder kleine Fluthöhen hervorgehen. Denn in der That, steht der Mond in Conjunction oder in Opposition, d. h. in den Syzygien, so fallen die Axen beider Ellipsoide zusammen, und die Flut muß am größten werden; steht hingegen der Mond in seinen Quadraturen, so sind die Axen beider Ellipsoide senkrecht auf einander, und die beiden Wirkungen heben sich zum Theil auf. Zu jeder andern Zeit zwischen Syzygien und Quadraturen machen die Axen beider Ellipsoide einen spitzen Winkel mit einander, und die Wirkungen von Sonne und Mond combiniren sich dergestalt, daß die Meeresoberfläche die Gestalt eines Ellipsoids annimmt, dessen Axe innerhalb der Schenkel dieses spitzen Winkels liegt, und zwar näher bei der Axe des Mondellipsoids, als bei der des Sonnenellipsoids.

Indessen darf man bei dieser Betrachtung nicht unbeachtet lassen, daß der Ocean nicht die ganze Erdoberfläche bedeckt, daß ferner die Declinationen der Sonne und des Mondes bald zunehmen, bald abnehmen, bald nördlich, bald südlich sind; daß die Wassermasse in fortwährender Bewegung ist, um den Anziehungen der Sonne und des Mondes zu gehorchen, und also, wenn die Richtung der wirkenden Kraft sich ändert, bereits eine in bestimmter Richtung erlangte Geschwindigkeit besitzt. Weiterhin kommt auch in Betracht, daß die verschiedenen Meere unter einander an Gestalt und Größe sehr abweichen, daß sie durch weitere oder engere Kanäle mit einander in Verbindung stehen, und daß endlich auch die Reibungen am Meeresboden und diejenigen, welche die Winde in einer bewegten Atmosphäre an der Meeresoberfläche erzeugen, nothwendig Einfluß auf die Erscheinungen der Ebbe und Flut an jedem Punkte der Meeresufer üben müssen. Newton's Theorie mußte also, sollte auf alle diese Umstände Rücksicht genommen werden, noch merklich vervollkommnet werden.

Die größten Geometer haben sich nach einander mit dieser so wichtigen Frage beschäftigt; Daniel Bernoulli, Euler, Maclaurin und d'Alembert trugen dazu bei die Schwierigkeiten zu besiegen, welche die Bewegung der Flüssigkeiten darbot; aber erst Laplace gab zuletzt die wahre Auflösung, indem er zeigte, daß genaue, an verschiedenen Punkten der Erde mehrere Jahre hindurch fortgeführte Beobachtungen,

in Verbindung mit den Ergebnissen der Theorie, es möglich machen, nahezu alle einzelnen Umstände der Ebbe und Flut mit mathematischer Gewißheit lange Zeit im Voraus anzugeben [13]).

Wie im Vorhergehenden bereits bemerkt wurde, sind es also Sonne und Mond, welche durch ihre Anziehung auf die Wassermasse der Oceane zunächst zwei gesonderte Fluten erzeugen, aus deren Verbindung schließlich diejenigen Fluterscheinungen hervorgehen, welche wir wahrnehmen. Um die Zeit der Syzygien, d. h. zur Zeit der Neu- und Vollmonde, fallen beide Fluten zusammen; alsdann kann die Gesammtflut sehr bedeutend werden, indem die Summe der beiden einzelnen zur Erscheinung kommt. Doch sind nicht alle Syzygienfluten gleich groß, indem die beiden einzelnen Fluten, aus denen sich das Resultat zusammensetzt, sich zugleich mit den Declinationen von Sonne und Mond und deren Abständen von der Erde ändern. Diese Einzelfluten sind nämlich um so beträchtlicher, je näher Mond und Sonne sich bei der Erde befinden, und je weniger beide Himmelskörper vom Aequator entfernt stehen. Nach der Laplace'schen Formel im zweiten Bande der Mécanique céleste (S. 289) lassen sich die Höhen aller Springfluten alljährlich berechnen. Als Höheneinheit gilt dabei die halbe mittlere Fluthöhe, welche einen oder zwei Tage nach dem Syzygium eintritt, wenn Sonne und Mond zur Zeit des Syzygiums zugleich im Aequator und in ihren mittleren Entfernungen von der Erde stehen. Unter der Bezeichnung ganze Fluthöhe versteht man die halbe Summe zweier aufeinander folgenden Hochwasser über das Niveau des dazwischen fallenden niedrigsten Wassers. In den Häfen an den französischen Küsten folgen die Springfluten anderthalb Tage auf den Neu- und Vollmond; man findet somit die Zeitpunkte, zu denen sie eintreten, indem man anderthalb Tage zu dem Zeitpunkte der Syzygien hinzulegt.

Mit jedem Tage verspätet sich die Rückkehr des Hochwassers um $50\frac{1}{2}$ Minute; der Zwischenraum zwischen je zwei aufeinander folgenden Fluten beträgt im Mittel 12 Stunden 25 Min. Die dazwischen fallende Ebbe trifft nicht genau auf die Mitte zwischen zwei Fluten, indem der Ocean mehr Zeit zum Steigen, als zum Fallen gebraucht. Die Verspätung der Fluten ändert sich mit den Mond-

gestalten; sie hat ihren kleinstmöglichen Werth um die Zeit der Syzygien, wenn die Fluthöhe am größten wird, indem sie alsdann nur 39,2 Min. beträgt. Sind dagegen die Fluten am kleinsten, nämlich um die Zeit der Quadraturen, so ist die Verspätung am größten und beträgt 75 Min. Daraus folgt weiter, daß der Unterschied der Flutzeiten, welche den Zeitpunkten der Syzygien und der Quadraturen entsprechen (ein Unterschied, welcher nahezu 4 St. 48 Min. beträgt), zunimmt zur Zeit der auf die genannten Mondphasen folgenden Fluten, und in Bezug auf höchste und tiefste Fluten ungefähr die Dauer von 6 Stunden erreicht.

Bei den Syzygien, welche zur Zeit der Sonnenwenden eintreten, ist außerdem die tägliche Verspätung der Fluten etwa eine Minute größer, als im Mittel; kleiner dagegen um dieselbe Größe zur Zeit der Nachtgleichen. Fallen dagegen die Quadraturen auf die Zeit der Nachtgleichen, so tritt das Entgegengesetzte ein, indem die Verspätung ihre mittlere Größe etwa um 4 Minuten überschreitet. Fallen endlich die Quadraturen in die Zeit der Sonnenwenden, so ist die Verspätung um dieselbe Größe geringer, als der Mittelwerth.

Die allerhöchsten Flutwasser (Springfluten) ereignen sich um die Zeit der Nachtgleichen, wenn der Mond im Perigäum steht, und sich zugleich nahe beim Aequator befindet; dagegen findet man die niedrigsten Flutwasser um die Zeit der Solstitien, wenn der Mond bei beträchtlicher Declination zugleich im Apogäum steht. Die Abnahme der Fluthöhen zur Zeit der Syzygien bei den Sonnenwenden beträgt ungefähr nur drei Fünftel von derjenigen Abnahme, welche den Syzygien um die Zeit der Nachtgleichen entspricht; die Zunahme der Fluten um die Zeit der Quadraturen ist bei den Nachtgleichen zwei Mal größer, als bei den Sonnenwenden; endlich beträgt die Abnahme der Syzygialfluten zur Zeit der Mondnähe fast das Dreifache von demjenigen Werthe, den sie um die Zeit der Mondferne hat.

Die Höhe der Springflut in irgend einem Hafen erhält man, indem man die nach der obigen Regel aus der Mécanique céleste berechnete mittlere Fluthöhe mit der diesem Hafen zugehörigen Höheneinheit multiplicirt. Die Springfluten können alljährlich Ueberschwemmungen verursachen, insbesondere wenn sie vom Winde begünstigt

werden; man muß auf Vorsichtsmaßregeln bedacht sein, um den alsdann möglichen Unglücksfällen vorzubeugen. Unter Höheneinheit eines Hafens versteht man diejenige Größe, um welche sich das Hoch- oder Tiefwasser von dem mittleren Niveau entfernt, welches ohne die Einwirkung von Sonne und Mond stattfinden müßte. Diese Einheit erhält man dadurch, daß man das Mittel aus dem Unterschiede einer sehr großen Anzahl von Hoch- und Tiefwassern nimmt.

An den Gestaden und in den Häfen tritt die Flut nicht in dem Augenblicke ein, wo die resultirende Kraft aus den Anziehungen von Sonne und Mond ihren größten Werth erreicht. So ist z. B. am Tage des Neumonds der Zeitpunkt der gleichzeitigen Culmination beider Gestirne offenbar der Augenblick des Maximums dieser Kraft, d. h. das Maximum fällt in die Mittagszeit; dennoch tritt die Flut gemeiniglich erst einige Zeit nach Mittag ein.

Passirt der Neumond, zur Nachtgleichenzeit, den Meridian eines Hafens im Augenblicke des wahren Mittags, so ist der Zeitraum zwischen diesem Durchgange und dem Eintritte der höchsten Flut unveränderlich derselbe, und wird Hafenzeit genannt. Demnach ist die Nachmittagsstunde der Fluten der Aequinoctial-Syzygien die Hafenzeit selbst.

An den Tagen des Neu- und des Vollmondes ist der Augenblick, wo die beiden Gestirne ihre größte Wirkung ausüben, offenbar die Zeit des Meridiandurchganges des Mondes; ebenso verhält es sich zur Zeit des ersten und letzten Viertels; an den übrigen Tagen fällt dieser Augenblick bisweilen früher, bisweilen später als der Durchgang, entfernt sich jedoch niemals beträchtlich davon, weil die Anziehungskraft des Mondes etwa drittehalb Mal die der Sonne übertrifft.

Diejenige Einwirkung sowohl, welche aus der Anziehung von Sonne und Mond auf das Wasser des Oceans ausgeübt wird, als auch die Verzögerung oder Beschleunigung in der Zeit der Flut, gegenüber der Culmination des Mondes, ändern sich, je nachdem sich beide Gestirne der Erde nähern oder von ihr entfernen, und hängen außerdem davon ab, ob die Declinationen zu- oder abnehmen. Alle diese Umstände finden Berücksichtigung, wenn man die zum Behuf dieser Rechnungen entworfenen Tafeln anwendet, die alljährlich im Annuaire des Längenbureau mitgetheilt werden. Jedenfalls aber gibt an jedem

Tage die Hafenzeit, zum Meridiandurchgange des Mondes hinzugelegt, bis auf wenige Minuten genau die Zeit des Hochwassers in jedem einzelnen Hafen.

Es folgen hier diese Hafenzeiten für einige Küstenpunkte, und zugleich die obenerwähnten Höheneinheiten, wie sie sich aus den Beobachtungen ergeben haben:

	Hafenzeit.		Höheneinheit.
Dünkirchen	12 St.	13 Min.	2,68 Meter
Calais	11	49	3,12
Boulogne	11	26	3,96
Dieppe	11	8	4,40
Havre	9	53	3,57
La Hougue	8	48	3,04
Cherbourg	7	58	2,82
St. Malo	6	10	5,68
Brest	3	46	3,21
Lorient	3	32	2,24
Bordeaux	7	45	2,35
Bayonne	4	5	1,40
London	2	15	4,58
False-Bay (Kap d. g. Hoffn.) .	3	10	0,85
Valparaiso	9	40	0,79
Port Jackson	9	0	0,93
Rio-Janeiro	2	30	0,52
Monterey	9	52	0,98
Magdalenenbay	7	37	1,38
Akapulko	3	5	0,32
Payta	3	18	0,89
Callao de Lima	6	0	0,38

In vorstehender Tafel verdienen die letzten Zahlenangaben besondere Aufmerksamkeit. Nachdem man daraus entnommen, daß der Ocean in der Magdalenenbay vier Mal höher steigt, als zu Akapulko, und außerdem Unterschiede von $2^1/_4$, ja sogar von $4^1/_2$ Stunden zwischen nicht fern von einander belegenen Häfen einer und derselben Küste bemerkt, nämlich an der Ostküste von Amerika, wo sich der Ocean unbehindert entwickeln kann, und wo keine engen, buchtigen Meerarme vorhanden sind, wie man dergleichen wohl an den französischen Gestaden findet; nachdem man ferner sein Augenmerk auf den

etwa drei Stunden betragenden Zeitraum gerichtet hat, der zwischen den Eintritten des Hochwässers zu Payta und Callao verstreicht: wird man die Ueberzeugung gewonnen haben, daß durch die erwähnten vortrefflichen Arbeiten der Geometer die Untersuchung über Ebbe und Flut noch nicht vollständig erschöpft ist. Es bleibt nämlich noch zu erweisen, auf welche Weise die unsichtbaren Hindernisse, die Unebenheiten des Meeresgrundes auf die Geschwindigkeit der Wellen sowohl, als auf deren Höhe einwirken.

Dessenungeachtet ist das Problem der Ebbe und Flut wenigstens für alle diejenigen Umstände, welche für die Schifffahrt direct von Interesse sind, durch Laplace in bewundernswürdiger Weise gelöst. Uebrigens beschränkte sich dieser große Geometer nicht blos darauf, die mathematische Theorie dieser Naturerscheinung zu vervollkommnen; er hat sie vielmehr unter einem durchaus neuen Gesichtspunkte aufgefaßt, indem er zuerst die Frage nach der Stabilität des Gleichgewichts des Oceans behandelte.

Systeme fester oder flüssiger Körper können sich nämlich in zwei Zuständen des Gleichgewichts befinden, welche sorgfältig von einander zu unterscheiden sind. Im ersten dieser Zustände, den man das stabile Gleichgewicht nennt, strebt das System, wenn es um eine geringe Größe aus seiner ursprünglichen Lage verrückt wird, jedesmal in die ursprüngliche Lage zurückzukehren. Beim labilen Gleichgewichte dagegen vermag eine ursprünglich sehr geringe Erschütterung zuletzt eine außerordentlich beträchtliche Verrückung hervorzurufen.

Ist nun das Gleichgewicht des Wassers im Ocean von dieser zweiten Art, so konnten in der Vorzeit und können in Zukunft sich die durch Wind, durch Erdbeben oder plötzliche Bewegungen des Meeresgrundes hervorgerufenen Wellen bis zu der Höhe unserer höchsten Gebirge erheben. Der Geolog wird in diesen ungeheuren Schwankungen der Wassermassen vielleicht mit einiger Befriedigung eine annehmbare Erklärung zahlreicher Erscheinungen auf der Erdoberfläche erblicken, dagegen wird damit alles Lebende der Gefahr zukünftiger, großartiger Ueberschwemmungen entgegengehn.

Ueber diesen Punkt können wir Beruhigung fassen, seitdem Laplace zuerst gefunden hat, daß das Gleichgewicht des Oceans ein stabiles

ist, freilich nur unter der besondern, aber durch bestimmte Thatsachen nachgewiesenen Bedingung, daß die mittlere Dichtigkeit der flüssigen Masse geringer ist, als die mittlere Dichtigkeit unserer Erde. Denken wir uns dagegen an Stelle des gegenwärtigen Meeres, während alle übrigen Verhältnisse ungeändert bleiben, einen Ocean z. B. von Quecksilber, so verschwindet die Stabilität, und jenes flüssige Element würde häufig seine Grenzen überschreiten, um die Continente zu verwüsten bis in jene schneebedeckten Gegenden, die sich bis in die Wolkenregion erheben.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Von den Erdbeben.

Bereits im 20. Buche haben wir erfahren (18. Kap.), daß das Innere unserer Erde, infolge der hohen Temperatur, höchst wahrscheinlich flüssig ist, und daß wohl nur eine verhältnißmäßig sehr dünne Schale oder Rinde die Erdkugel bedeckt; diese Schale soll eine Dicke von nur 40000 Meter haben, gegenüber dem fast 13 Millionen Meter betragenden mittleren Erddurchmesser; sie wäre sonach nur der dreitausendste Theil vom Durchmesser der Erdkugel. So gut wie die an der Oberfläche befindliche oceanische Masse, muß auch die innen befindliche flüssige Masse den von Sonne und Mond ausgeübten Anziehungen folgen, und wird also nothwendig anschwellen in den Richtungen derjenigen Linien, welche die Erde mit diesen beiden Gestirnen verbinden. Diese unausbleibliche Abhängigkeit der innern flüssigen Masse von den Gesetzen der allgemeinen Gravitation, wird in der Starrheit der festen Rinde Widerstand finden und dieser Umstand kann Veranlassung zu Einrissen und Erschütterungen geben, kurz es kann dies eine Ursache der Erdbeben sein. Herr Perrey, Professor der Physik zu Dijon, hat diese Behauptung zuerst aufgestellt, und ihre Richtigkeit in mehreren interessanten Abhandlungen nachzuweisen gesucht. Nach dieser Vorstellungsweise müssen die Erdbeben, ebenso wie Ebbe und Flut im Ocean, mit dem Alter und den Meridiandurchgangszeiten des Mondes in einem bestimmten Zusammenhange stehn; in der That hat sich

Herrn Perrey aus einer Untersuchung über alle beobachteten Erdbeben, die er aufzufinden vermochte, ergeben, daß seit einem halben Jahrhunderte die Erdbeben häufiger in die Zeit des Perigäums, als in die Zeit des Apogäums des Mondes fallen, auch daß sie zahlreicher zu der Zeit eintreten, wo der Mond im Meridian steht, als wenn derselbe 90 Grad davon entfernt ist. Kaum verdient irgend eine andere Frage in höherem Grade eine weiter fortgesetzte Untersuchung. An sich ist es schon gewiß merkwürdig, daß Naturerscheinungen, welche man auf den ersten Blick für durchaus unabhängig von einander halten sollte, nach den überall in der Welt wirkenden Gesetzen der Attraction geregelt werden [14]).

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Ueber Ebbe und Flut in der Atmosphäre.

Unmöglich konnte es jener große Geometer, der mit so außerordentlichem Erfolge die oceanische Ebbe und Flut ergründet hatte, unterlassen, sich auch mit den analogen Fluterscheinungen in der Atmosphäre zu beschäftigen, und die so allgemein verbreiteten Meinungen über den Einfluß des Mondes auf Barometerstand und auf andere meteorologische Erscheinungen zu untersuchen.

So hat Laplace in der That einen Abschnitt der Mécanique céleste jenen Schwankungen gewidmet, welche des Mondes Anziehungskraft in unserer Atmosphäre erzeugen kann. Daraus geht hervor, daß in Paris z. B. der Einfluß des Mondes auf den Barometerstand gänzlich unmerklich ist. Auch hat sich aus der Berechnung einer langen Beobachtungsreihe ergeben, daß die atmosphärische Flut nicht zwei Hunderttheile des Millimeters überschreitet, eine Größe, die geringer ist als diejenige Gränze, innerhalb deren man bei dem heutigen Zustande der Meteorologie sich Gewißheit verschaffen kann.

Die Berechnung, welche ich hier erwähne, kann gleichfalls zur Bestätigung dienen in Betreff derjenigen Betrachtungen, die ich im 21. Buche (Bd. 13, S. 406 und 422) angestellt habe, um zu erweisen, daß wenn der Mond im Zusammenhange mit seinen Lichtgestalten

wirklich einigen Einfluß auf die Barometerhöhe ausübt, dies sicher nicht infolge seiner Anziehungskraft geschieht.

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Ueber die Fortpflanzung der Anziehungskraft.

Ist die Anziehung, kann man fragen, Nichts weiter, als eine der Materie wesentliche Eigenschaft, oder hat sie eine besondere physische Ursache? Diese Frage hat Newton und seine Schüler außerordentlich beschäftigt. Während die Einen der Ansicht waren, daß die Attraction die Resultante sei aus dem Bestreben des Aethers (vergl. 4. Kap., S. 24), um sich aus dem freien Raume, wo seine Dichtigkeit am größten ist, nach den planetarischen Körpern hinzubegeben, in deren Umgebung der Aether sich im Zustande geringerer Dichtigkeit befinden soll; sind Andere dagegen von der Annahme ausgegangen, diese Kraft sei Nichts als eine Folge aus dem Antriebe irgend eines flüssigen Mediums. Newton selbst hat sich niemals mit voller Bestimmtheit darüber ausgesprochen, auf welche Weise ein solcher Antrieb oder Anstoß entstehen könnte, welcher, wenigstens zunächst in unserm Sonnensysteme, die physische Ursache der Anziehungskraft wäre. Wir sind aber in diesem Punkte heutzutage zu der Annahme wohlberechtigt, daß jener große Geometer, indem er das Wort Antrieb (impulsio) gebrauchte, an die vorgefaßten Meinungen von Varignon und Fatio de Duillier dachte, welche späterhin Lesage seinerseits wieder aufstellte und weiter ausbildete: diese Vorstellungsweisen waren ihm nämlich schon vor jeder Veröffentlichung derselben mitgetheilt worden. Nach Lesage soll der Raum mit äußerst kleinen Körpertheilchen erfüllt sein, die sich nach allen möglichen Richtungen mit außerordentlicher Geschwindigkeit bewegen. Diese Körpertheilchen nannte der Urheber dieses Systems überweltliche Molekeln. Aus ihnen sollte das anziehende Fluidum bestehen, wenn es gestattet ist das Wort Fluidum von einer Anzahl Körpertheilchen zu gebrauchen, die unter sich durchaus jeder Verbindung entbehren.

Ein einzelner Körper müßte inmitten eines solchen Oceans von

bewegten Körpertheilchen in Ruhe verbleiben, indem er nach allen Richtungen hin gleichmäßig angetrieben würde. Dagegen müßten zwei Körper sich nach einander hin bewegen, indem jeder dem andern gewissermaßen als Schirm dient; denn die in diesem Falle einander zugewendeten Oberflächen würden in der Richtung der Verbindungslinie nicht von jenen überweltlichen Molekeln getroffen, es würden also Strömungen entstehen, deren Wirkungen durch keine entgegengesetzten Ströme aufgehoben würden. Ueberdies begreift man ohne Weiteres, daß zwei in das Gravitation erzeugende Fluidum eingetauchte Körper sich zu einander mit einer Intensität hinbegeben müßten, welche dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Abstände entspräche.

Ist nun die Attraction das Resultat aus dem Antriebe eines solchen Fluidums, so muß ihre Wirkung eine endliche und angebbare Zeit gebrauchen, um die weiten Räume, welche die Himmelskörper voneinander trennen, zu durchlaufen. Verschwände z. B. die Sonne plötzlich, so müßte die Erde nach diesem Ereignisse, mathematisch betrachtet, noch eine angebbare Zeit hindurch unter dem Einflusse der Anziehung der Sonne bleiben. Gerade das Gegentheil müßte natürlich eintreten, wenn plötzlich ein neuer Planet entstände; erst einige Zeit später könnte die Erde von diesem neuen Gestirne angezogen werden.

Wirklich nahmen einige Geometer im vorigen Jahrhunderte an, die Attraction pflanze sich nicht augenblicklich von einem Körper zum andern fort; ja sie legten derselben sogar eine nicht sehr beträchtliche Geschwindigkeit bei. Daniel Bernoulli war z. B. der Ansicht, bei Erklärung des Umstandes, daß das höchste Flutwasser an unsern Küsten erst anderthalb Tage nach den Zeitpunkten eintritt, wo sich Sonne und Mond in der günstigsten Lage zur Hervorrufung dieses großartigen Phänomens befunden haben, die Einwirkung des Mondes brauche dies ganze Zeitintervall (anderthalb Tage), um sich vom Monde her dem Meere mitzutheilen. Aber eine so geringe Geschwindigkeit ließe sich keineswegs mit der oben besprochenen mechanischen Erklärung der Gravitation in Einklang bringen. Diese Erklärung fordert im Gegentheil unabweislich, daß die den Himmelskörpern eigenthümliche Geschwindigkeit verschwindend klein sei im Verhältniß zu der Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums.

In der Zeit bevor man erkannt hatte, daß die gegenwärtig stattfindende Abnahme der Excentricität der Erdbahn die wahre Ursache von der in der Mondbewegung wahrgenommenen Beschleunigung ist, (vergl. 19. Kap., S. 72) hatte Laplace [15]) seinerseits untersucht, ob diese räthselhafte Beschleunigung nicht vielleicht von der successiven Fortpflanzung der Gravitation abhinge.

Zuerst schien die Rechnung für diese Annahme günstig zu entscheiden. Es ergab sich nämlich, daß die nicht momentane Fortpflanzung der Attraction in der Mondbewegung nothwendig eine Störung erzeugen müßte, die dem Quadrate der von irgend einem Augenblicke an gerechneten Zeit proportional wäre; und ferner, daß man, um den Ergebnissen der astronomischen Beobachtungen numerisch zu entsprechen, der Attraction keineswegs eine geringe Geschwindigkeit beizulegen genöthigt sei. Laplace fand nämlich, daß sich den Erscheinungen Genüge thun ließ, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit acht Millionen Mal größer setzte, als sie beim Lichte ist.

Obgleich man nun heutigen Tags die wahre Ursache der Beschleunigung der Mondbewegung genau kennt, so behält dessenungeachtet diese sinnreiche Untersuchung, die ich hier erwähnt habe, ihren wichtigen Platz in der Wissenschaft. Denn mathematisch betrachtet hat diese von der nicht momentanen Fortpflanzung der Gravitation abhängende Störung, wie sie aus der Rechnung hervorgeht, eine unzweifelhafte Richtigkeit. Es besteht zwischen dieser Geschwindigkeit und der Störung ein derartiger Zusammenhang, daß man, sobald eine dieser Größen bekannt ist, sogleich den numerischen Betrag der andern erhält. Legt man nun der Störung den größtmöglichen Werth bei, welchen die Beobachtungen noch gestatten, nachdem man sie von der bekannten Beschleunigung, welche von der Aenderung in der Excentricität der Erdbahn herrührt, befreit hat, so ergibt sich die Geschwindigkeit der Attraction funfzig Millionen Mal größer, als die des Lichtes.

Vierundzwanzigstes Buch.

Mars.

Erstes Kapitel.

Aussehn des Planeten. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Das Zeichen ♂, das man dem Planeten Mars beilegt, soll angeblich Lanze und Schild [1]) vorstellen.

Das Licht des Mars ist röthlich und bisweilen ganz unzweifelhaft funkelnd.

Die in dem 18. und 19. Buche des 12. Bandes besprochenen Planeten Merkur und Venus werden untere Planeten genannt; diejenigen aber, deren Geschichte sich unsere Betrachtung nun zuwenden muß, heißen obere Planeten. Jene entfernen sich von der Sonne niemals über gewisse Grenzen hinaus, über welche wir die nöthigen Angaben beigebracht haben; diese hingegen erblickt man in allen möglichen Abständen von der Sonne.

Wie bereits früher bemerkt wurde, stehn Merkur und Venus zuweilen, in Bezug auf die Erde, jenseit der Sonne; zu anderer Zeit aber auch zwischen beiden Himmelskörpern. Wenn in der ersteren Stellung Sonne und Planet fast gleichzeitig durch den Meridian gehn, so sagt man, der Planet steht in seiner oberen Conjunction. Die untere Conjunction tritt hingegen dann ein, wenn die Planeten, unter demselben Verhältnisse in Bezug auf den Meridiandurchgang, sich zwischen Sonne und Erde befinden. Für alle diejenigen Planeten aber, von denen im Folgenden die Rede ist, gibt es nur eine obere Conjunction.

In seiner Bahn kommt jeder dieser Planeten an einen Punkt, in welchem er sich von der Erde aus gesehn, der Sonne gerade gegenüber befindet; zu dieser Zeit passirt der Planet den Meridian um Mitternacht: dies nennt man die Opposition des Planeten.

Wenn sich der Planet in gewissen Zwischenstellungen befindet, nämlich in Punkten, deren kürzester Winkelabstand von der Sonne 90 Grade nach Ost oder nach West beträgt, so sagt man der Planet stehe in Quadratur, und zu dieser Zeit geht er ungefähr um 6 Uhr Abends oder Morgens durch den Meridian.

Wenn Mars am Morgenhimmel zuerst aus den Sonnenstrahlen hervortritt, ist seine Bewegung, in Bezug auf die Firsterne, von West nach Ost gerichtet, oder direkt; seine Geschwindigkeit ist dann nahezu am größten.

Indessen rückt dennoch die Sonne, welche östlicher als Mars steht, und sich in derselben Richtung bewegt, jeden Tag weiter vom Planeten fort, indem ihre Bewegung, in Bezug auf die Firsterne, schneller ist als die des Planeten.

Die Bewegung des Mars wird hierauf langsamer, und der Planet kommt in Stillstand, wenn er 137 Grad Abstand von der Sonne erreicht hat; alsdann sagt man, Mars sei stationär, d. h. im Stillstande.

Darauf beginnt der Planet wiederum seine Bewegung, aber diese scheint, in Bezug auf die Firsterne, nun in entgegengesetzter Richtung stattzufinden. Diese retrograde oder von Ost nach West gerichtete Bewegung erreicht ihre größte Geschwindigkeit am Tage der Opposition; darauf nimmt sie ab und der Planet kommt abermals, in Bezug auf die Firsterne, in Stillstand, wenn seine Entfernung von der Sonne im Winkel nur noch 137 Grade beträgt.

Für den übrigen Theil des Jahres folgt auf diesen zweiten Stillstand eine direkte, d. h. von West nach Ost gerichtete Bewegung.

Der Umstand, daß diese rechtläufigen oder direkten Bewegungen von einander durch einen Bogen rückläufiger oder retrograder Bewegung getrennt sind, dessen Mitte in die Opposition (d. h. Gegenschein) selbst fällt, und der von zwei Punkten ausgeht, wo der Planet eine kurze Zeit hindurch unter den Sternen still zu stehn scheint, ist außerordent-

lich merkwürdig, und in dieser Erscheinung liegt das Geheimniß des wahren Weltsystems (vergl. 12. Bd., 16. Buch, Kap. 8).

Beim Mars beträgt der Bogen, den der Planet in rückläufiger Bewegung zurücklegt, etwa 16 Grade, und der Planet braucht 73 Tage um ihn zu durchlaufen.

Diejenige Zeit, welche der Planet braucht, um zu denselben Fixsternen am Himmel zurückzukehren, nennt man seinen Sideralumlauf; sie beträgt 686,98 Tage oder nahezu 1 Jahr 10 Monate 22 Tage.

Die Dauer des synodischen Umlaufs, oder die Rückkehr des Planeten zu derselben scheinbaren Stellung gegen die Sonne, beträgt 779 Tage oder 2 Jahre 1 Monat 19 Tage; in dieser Dauer ist zugleich die direkte und die darauf folgende retrograde Bewegung einbegriffen.

Die Bewegung des Mars findet nicht in der Ebene der Ekliptik statt; von dieser entfernt sich vielmehr der Planet bisweilen 1° 51′ 6″, welcher Winkel die Neigung der Bahnebene gegen die Ebene der Ekliptik ist.

Gegen den Erdäquator ist die Marsbahn um 24° 44′ 44″ geneigt.

Der mittlere Abstand des Planeten von der Sonne beträgt 1,524, wobei die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit gesetzt ist. Die Periheldistanz ist 1,382; im Aphelium dagegen beträgt der Abstand 1,666.

Die Excentricität ist gleich 0,093. Die Perihellänge beträgt 332° 22′ 51″, die des aufsteigenden Knotens 47° 59′ 38″; die mittlere Länge zur Zeit der Epoche (1. Januar 1800) ist 233° 5′ 34″.

Alle diese Angaben über die Marsbahn sind den Lindenau'schen Tafeln entlehnt.

Setzt man diejenige Wärme- und Lichtmenge, welche die Sonne unserer Erde mittheilt, gleich Eins, so betragen Wärme und Licht auf der Marsoberfläche nur 0,43.

Zweites Kapitel.

Größe des Mars.

Die Abstände des Mars von unserer Erde ändern sich sehr stark, und somit ändert sich auch des Planeten Winkeldurchmesser beträchtlich. Der kleinste, nach der Conjunction eintretende Werth ist 3″3; der größte, der Opposition entsprechende dagegen 23″5.

In der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gesehn würde der Durchmesser des Mars 8″9 betragen, welchem Winkel etwa 800 geographische Meilen entsprechen.

An körperlichem Inhalt hat dieser Planet hiernach nur 14 Hundertel von dem unserer Erde.

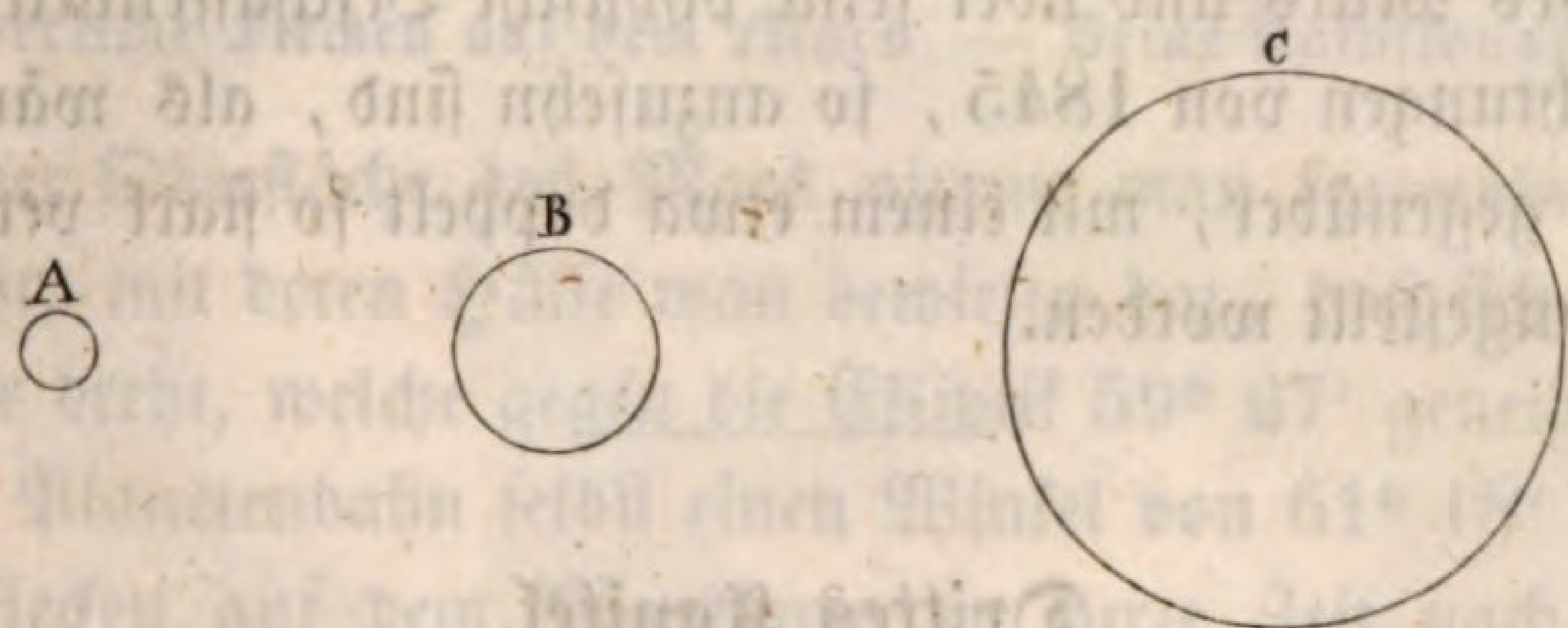


Fig. 323. — Scheinbare Größen der Scheibe des Mars in der größten, kleinsten und mittleren Entfernung von der Erde.

In Figur 323 sind die scheinbaren Größenverhältnisse des Mars dargestellt, und zwar in A wie er sich in seiner größten, und in C wie er sich in seiner kleinsten Entfernung von der Erde zeigt; in B sieht man ihn in einem mittleren Abstande, gleich dem zwischen Sonne und Erde. Diese Figur ist nach demselben Maaßstabe entworfen (jede Bogensecunde 1 Millimeter), wie alle übrigen Figuren, welche in dieser Schrift scheinbare Größen der andern Planetenscheiben vorstellen.

Die im Abstande eintretenden Aenderungen sind äußerst beträchtlich, sogar wenn man nur Oppositionen untereinander vergleicht, ein Umstand, der von der starken Abweichung der Marsbahn vom Kreise herrührt. Unter allen von Alters her bekannten Planeten hat Mars in der That die größte Excentricität.

Ich gebe nachstehend die Abstände des Mars und seine entsprechenden Durchmesser für alle Oppositionen in den Jahren von 1828 bis 1847.

Jahr.	Abstand von der Erde.	Scheinbarer Durchmesser.
1828	0,42	21″ 6
1830	0,39	23,1
1832	0,51	17,6
1835	0,62	14,5
1837	0,67	13,3
1839	0,66	13,5
1841	0,59	15,1
1843	0,49	18,4
1845	0,38	23,5
1847	0,47	18,9

Hieraus sieht man, daß Beobachtungen vom Jahre 1837 über die Größe des Mars und über seine physische Beschaffenheit, verglichen mit Beobachtungen von 1845, so anzusehn sind, als wären letztere, den ersteren gegenüber, mit einem etwa doppelt so stark vergrößernden Fernrohre angestellt worden.

Drittes Kapitel.

Die Lichtgestalten des Mars.

Wenn Mars von seiner Conjunction mit der Sonne kommt, erscheint seine Scheibe vollkommen rund.

Um die Zeit der Opposition, einige Tage vorher und nachher, ist die Gestalt genau dieselbe, im Osten sowohl als im Westen; aber in größerer Entfernung von der Opposition zeigt Mars eine merkliche Phase. Indessen erhält der Planet hierbei niemals Sichelgestalt, nicht einmal das Ansehn des Mondes im ersten Viertel; die Phase erreicht um die Quadraturen herum ihr Maximum. Um diese Zeit gleicht die sichtbare Scheibe des Mars der Mondgestalt drei Tage nach dem Vollmonde; dabei ist die kreisförmige Gränze der Phase stets der Sonne zugewendet. Aus diesen Wahrnehmungen folgt, daß Mars nicht mit eigenem Lichte leuchtet, und daß wir ihn nur in reflectirtem Sonnenlichte sehen.

In einem Briefe Galilei's an Pater Castelli, vom 30. December 1610, heißt es: „Ich kann nicht behaupten, beim Mars Phasen er-

kannt zu haben; irre ich aber nicht, so glaube ich doch zu bemerken, daß seine Scheibe nicht vollkommen rund ist."

Am 24. August 1638, erzählt Riccioli, sah Fontana zu Neapel den Mars ganz deutlich in Phasengestalt (gibbosus). Für die damalige Zeit hat man diese Beobachtung für eine wahre Entdeckung zu halten; heutzutage freilich erkennt auch der ungeübteste Astronom um die Quadraturen herum diese Lichtgestalt ohne Weiteres, wenn ihm ein gutes Fernrohr zur Verfügung steht[2]).

Viertes Kapitel.

Unveränderliche Flecken auf dem Mars. — Seine Rotationsbewegung.

Auf der Oberfläche des Mars nimmt man fortwährend dunkle Flecken wahr, mit deren Hülfe man bewiesen hat, daß sich der Planet um eine Axe dreht, welche gegen die Ekliptik 59° 27′ geneigt ist, folglich mit der Planetenbahn selbst einen Winkel von 61° 18′ bildet.

Die Flecken auf dem Mars wurden kurze Zeit nach Erfindung der Fernröhre entdeckt. Schon im Jahre 1636 hatte Fontana eine dunkle Stelle auf der Marsscheibe erkannt; ähnliche Flecken erwähnt Pater Zucchi im Jahre 1640, und im Monat December 1644 schrieb Pater Bartoli zu Neapel, er habe unterhalb der Mitte der Scheibe zwei dunkle Flecken wahrgenommen. Da indessen Andere zur Zeit ihrer Beobachtungen diese von Pater Bartoli erwähnten Flecken nicht bemerkt hatten, so fing man bereits an zu vermuthen, der Planet könne wohl eine Rotationsbewegung haben[3]).

Direct wurde nun diese Umdrehungsbewegung durch Beobachtungen bestätigt, welche J. Dom. Cassini im Jahre 1666 zu Bologna anstellte. Er fand, daß eine volle Umdrehung des Planeten von West nach Ost in 24 St. 40 Min. vollbracht wurde; römische Beobachter behaupteten, aber mit Unrecht, die Rotation betrüge nur 13 Stunden. Im Jahre 1670 bestätigte Cassini seine erste Angabe durch neue Beobachtungen, die er zu Paris anstellte. Späterhin, im Jahre 1704, fand Maraldi 24 St. 39 Min. für diese Rotation. Die sehr günstigen Umstände, welche die Opposition des Planeten, der sich da-

mals in seiner Erdnähe befand, im Jahre 1719 darbot, benutzte der ebengenannte Astronom, und erhielt dasselbe Resultat wie Cassini, nämlich 24 St. 40 Min.

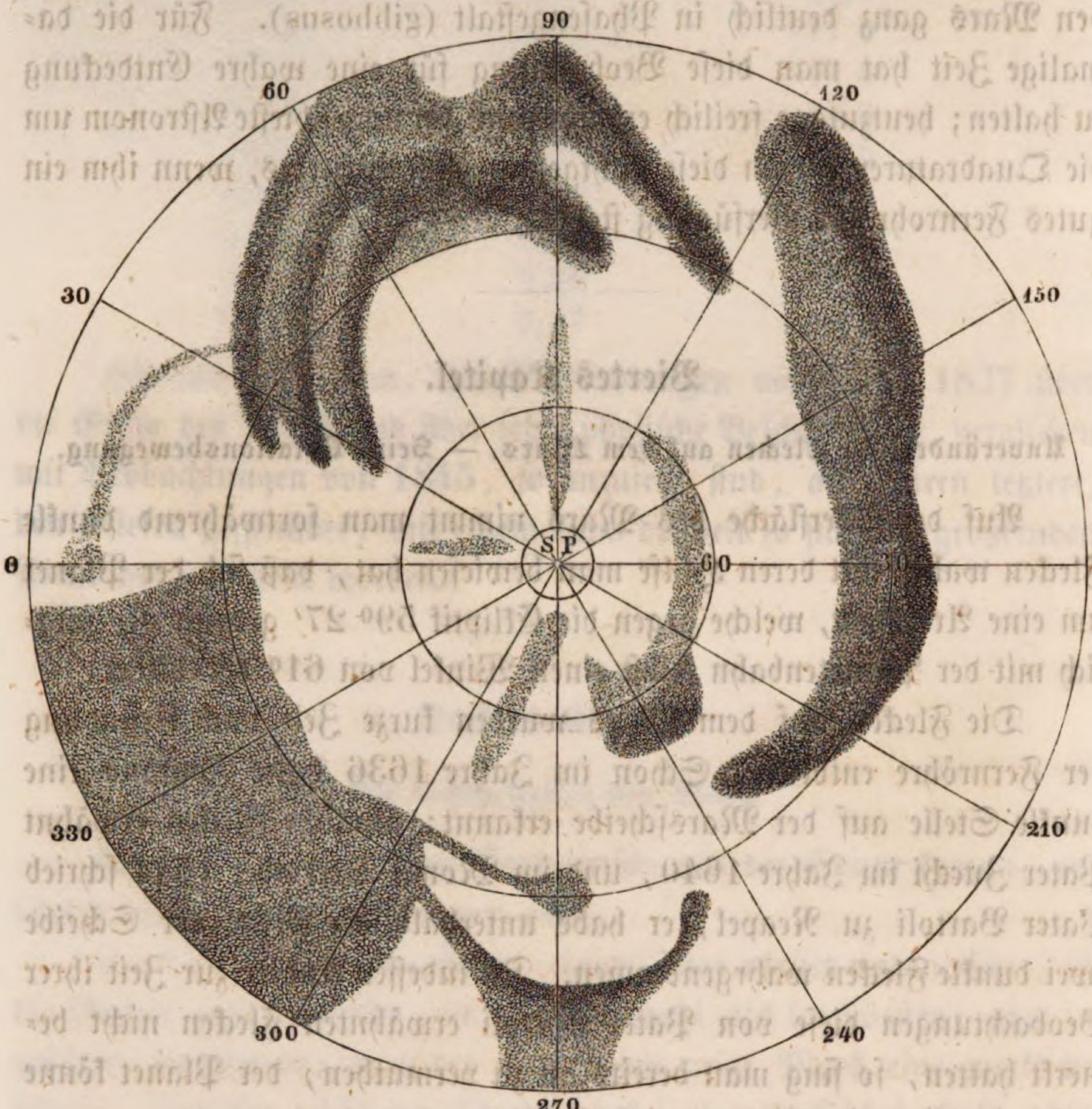


Fig. 324. — Südliche Halbkugel des Mars.

William Herschel leitete aus seinen eigenen Beobachtungen die Umdrehungszeit 24 St. 39 Min. 4 Sec. ab. Ihm verdanken wir auch die erste Bestimmung der Lage der Umdrehungsaxe des Planeten, folglich die Kenntniß der Neigung dieser Axe und der Lage des Durchschnitts des Aequators mit der Ebene der Ekliptik.

Beer und Mädler haben aus Beobachtungen, die sie zu Berlin mit größter Sorgfalt angestellt haben, die Umdrehungszeit zu 24 St. 37 Min. 23 Sec. bestimmt[4].

Es verdient hierbei der Umstand Erwähnung, daß Herschel's Beobachtungen genau dasselbe Resultat ergeben, wenn man die Annahme macht, jener berühmte Astronom habe sich um eine ganze Um-

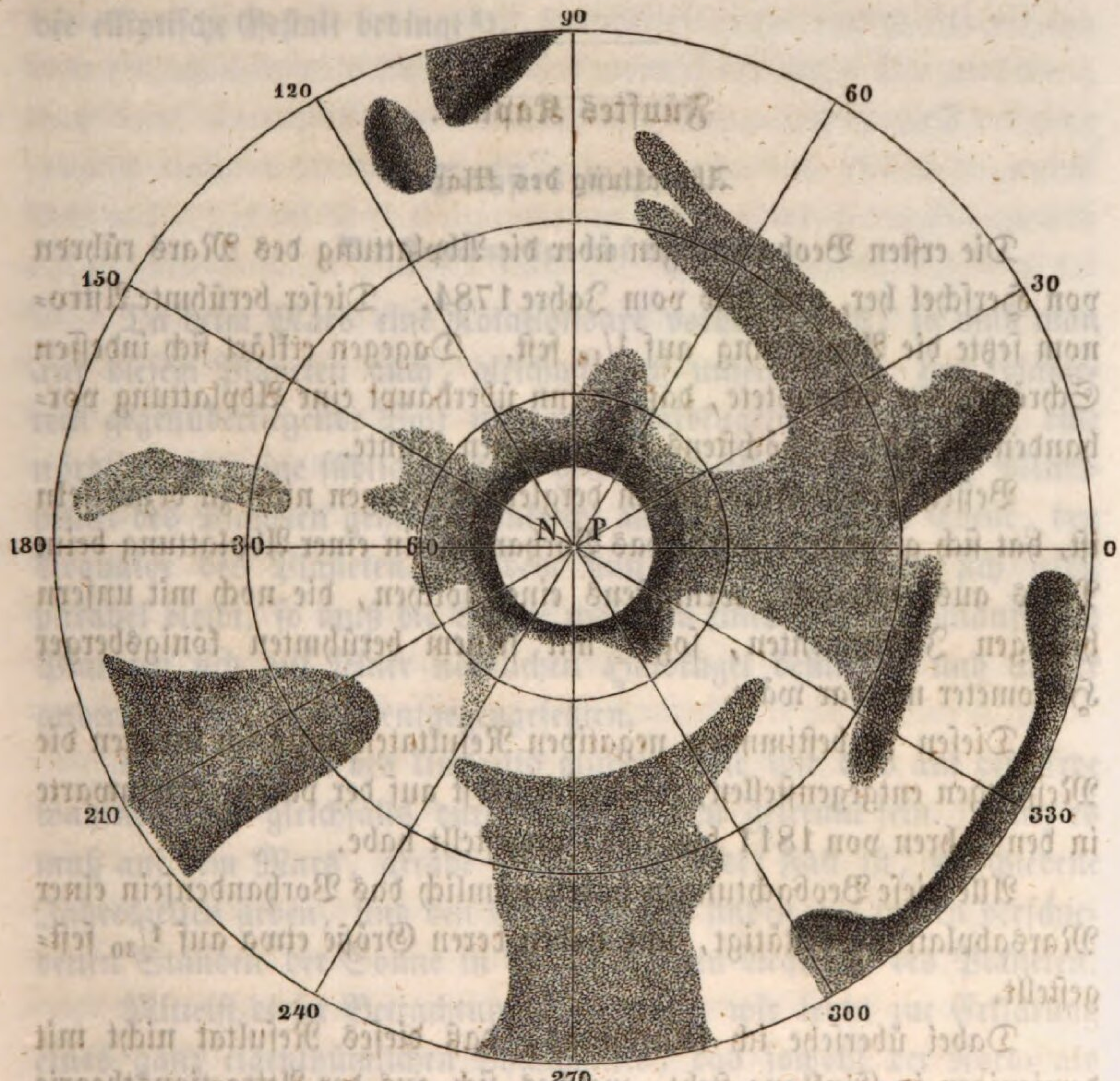


Fig. 325. — Nördliche Halbkugel des Mars.

drehung geirrt in der Zahl der Umdrehungen, die er zwischen den entfernt liegenden Beobachtungen, welche er miteinander verglich, voraussetzte.

In den Figuren 324 und 325 sind die beiden Marshalbkugeln so dargestellt, wie sie Beer und Mädler nach einer großen Anzahl von Beobachtungen zwischen den Jahren 1830 bis 1839 entworfen haben. Die auf der südlichen Halbkugel gezeichneten dunkeln Flecken stellen vorzugsweise das Aussehn dar, welches der Planet 1830 und 1832

darbot; dasselbe gilt für die nördliche Halbkugel, den dunkeln Fleck ausgenommen, der den Pol umgibt; dieser ist vielmehr nach den Beobachtungen im Jahre 1837 entworfen.

Fünftes Kapitel.

Abplattung des Mars.

Die ersten Beobachtungen über die Abplattung des Mars rühren von Herschel her, und sind vom Jahre 1784. Dieser berühmte Astronom setzte die Abplattung auf $^1/_{16}$ fest. Dagegen erklärt sich indessen Schröter, der behauptete, daß, wenn überhaupt eine Abplattung vorhanden sei, dieselbe höchstens $^1/_{80}$ betragen könnte.

Bessel, dessen Autorität in dergleichen Fragen nicht zu bezweifeln ist, hat sich gleichfalls gegen das Vorhandensein einer Abplattung beim Mars ausgesprochen, wenigstens einer solchen, die noch mit unsern heutigen Instrumenten, sogar mit seinem berühmten königsberger Heliometer meßbar wäre.

Diesen so bestimmten negativen Resultaten muß ich indessen die Messungen entgegenstellen, welche ich selbst auf der pariser Sternwarte in den Jahren von 1811 bis 1847 angestellt habe.

Alle diese Beobachtungen haben nämlich das Vorhandensein einer Marsabplattung bestätigt, und haben deren Größe etwa auf $^1/_{30}$ festgestellt.

Dabei übersehe ich keineswegs, daß dieses Resultat nicht mit demjenigen in Einklang steht, welches sich aus der Attractionstheorie folgern läßt.

Ueber diesen Widerspruch, meinte Laplace, könnte man durch die Annahme hinwegkommen, daß locale Erhebungen, wie wir ja deren Wirkungen so vielfach auf der Erde finden, möglicherweise auf die Gestalt eines verhältnißmäßig kleinen Planeten einen größern Einfluß auszuüben vermochten, als dies auf unserer Erde der Fall ist; dennoch stehen dieser Erklärungsweise mannigfaltige Schwierigkeiten entgegen. Mars hat nämlich eine sehr regelmäßige Gestalt; es scheint, als ob sich Alles südwärts und nordwärts vom Aequator des Planeten ähn-

lich verhielte; auch schien es mir, als hätten die in der Richtung von 45 Grad gemessenen Durchmesser eine mittlere Größe zwischen dem Aequatoreal- und dem Polardurchmesser, und zwar genau so, wie es die elliptische Gestalt bedingt [5]).

Sechstes Kapitel.

Die Jahreszeiten auf dem Mars.

Da beim Mars eine Rotationsare vorhanden ist, so muß man auf diesem Planeten auch, gleichwie auf unserer Erde, zwei diametral gegenüberliegende Pole und zwei Halbkugeln unterscheiden, eine nördliche und eine südliche, beide getrennt durch die durch den Mittelpunkt des Planeten gehende, senkrecht auf der Are stehende Ebene, den Aequator des Planeten. Indem nun diese Ebene stets sich selbst parallel bleibt, so muß die Sonne während eines halben Umlaufs des Planeten sich auf seiner nördlichen Halbkugel befinden, und in der andern Hälfte auf der entgegengesetzten.

Beide Hälften des Umlaufs müssen, wie wir dies auf der Erde wahrnehmen, gleichfalls durch Nachtgleichen getrennt sein. Kurz es muß auf dem Mars, gerade so wie bei uns der Fall ist, verschiedene Jahreszeiten geben, und den Grund davon finden wir in den verschiedenen Ständen der Sonne in Bezug auf den Aequator des Planeten.

Mittelst dieser Betrachtungen gelangen wir leicht zur Erklärung eines ganz eigenthümlichen Phänomens, das sowohl der Nord- als auch der Südpol des Mars aufweist. Ich meine das Wachsen und das Abnehmen zweier weißen Flecken, deren Glanz mindestens doppelt so groß ist, als der in den übrigen Theilen des Planeten verbreitete. Der nördliche Fleck nimmt im Frühlinge und Sommer der nördlichen Halbkugel an Ausdehnung ab, vergrößert sich hingegen in den beiden folgenden Jahreszeiten. Das Gegentheil tritt am Südpol ein, und daraus ist man berechtigt zu folgern, daß die Umgegend der Marspole abwechselnd mit einer weißlichen Masse bedeckt wird, ähnlich dem Schnee, der in unserer Atmosphäre niederfällt, und dessen Menge gleichfalls von den Wärmeverhältnissen bedingt wird.

Ich erwähnte, daß diese weißen Polarflecken, die Schneeflecken, mehr als doppelt so hell erscheinen, als die Ränder des Mars. Um sich von der Genauigkeit dieses Resultates zu überzeugen, braucht man nur ein mit einem doppeltbrechenden Prisma versehenes Fernrohr anzuwenden, und damit die Ränder beider Bilder, wenige Tage vor oder nach der Opposition, gehörig aufeinander zu bringen; so wird man finden, daß dies dadurch erzeugte Bild noch etwas weniger hell erscheint, als der Polarfleck, den man natürlich in jedem der beiden Bilder gesondert für sich erblickt. Hier an diesem Orte ist es nicht erforderlich auseinanderzusetzen, wie man die Einrichtung in dem Falle hätte treffen müssen, um die Helligkeit zu vergleichen, wenn zufällig die beiden Aequatorealgegenden aufeinander gelegt sich nicht nahezu von gleicher Helligkeit, wie die Polarflecken erwiesen hätten.

Maraldi schrieb im Jahre 1706, die weißen Polarflecken seien seit funfzig Jahren beobachtet; damit kämen wir auf eine noch frühere Zeit zurück, als das Jahr, in welchem Cassini zu Bologna die Umdrehung dieses Planeten bestimmte. Maraldi selbst stellte im Jahre 1719 anhaltend Beobachtungen über diese Flecken an; er sah sie zunehmen und abnehmen, und berichtet auch das einstweilige Verschwinden eines desselben, nämlich des am Nordpole gelegenen.

Die weißlichen Polarflecken scheinen jeder eine örtliche Hervorragung zu bilden, als ob sie die regelmäßige Gestalt der Scheibe unterbrächen. In seiner Abhandlung in den Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1720 spricht sich Maraldi hierüber etwa folgendermaßen aus: „Derjenige Theil des Randes, wo sich der Flecken befand, schien über die Scheibe des Planeten etwas hervorzuragen und an dieser Stelle eine Anschwellung zu erzeugen. Im Fernrohr gesehn bot Mars etwa das Ansehn, wie der Mond dem bloßen Auge um die Zeit erscheint, wo blos ein Theil der von der Sonne beschienenen Hälfte von der Erde aus sichtbar ist, während man den übrigen Theil nur im aschfarbenen Lichte wahrnimmt."

Beide Polarflecken glaubte Herschel, dem darin Mädler und Beer beistimmen, diametral gegenüberstehend zu sehn.

Auf das Studium dieser Schneeregionen hat Herschel unsäglichen Fleiß verwandt. Den Mittelpunkt eines jeden der beiden Flecken

glaubte er nicht genau am Orte der Pole zu sehn; doch schien ihm die Abweichung größer für den nördlichen, als für den südlichen Polarfleck. Die in der absoluten Ausdehnung beobachteten Aenderungen stimmten wunderbar genau mit der Vorstellung überein, derzufolge diese Flecken nichts als Anhäufungen von Eis und Schnee seien. Wenn z. B. im Jahre 1781 der südliche Flecken ungewöhnlich groß erschien, so geschah dies nach einem langen Winter auf dieser Halbkugel, nach Verlauf von zwölf Monaten, während welcher der entsprechende Pol alles Sonnenscheins entbehrt hatte. Wenn hingegen im Jahre 1783 derselbe Flecken nur sehr klein erschien, so war dies zu einer Zeit, wo die Sonne seit mehr als acht Monaten fortwährend den Südpol des Mars beschienen hatte. Auch der nördliche Flecken zeigte Aenderungen in seiner Ausdehnung, welche genau der Stellung der Sonne gegen den Aequator des Planeten entsprachen.

Am 18. März 1837 erstreckten sich die Ränder des weißen Fleckens am Südpol, nach Beer und Mädler, bis zu 35 Grad vom Pol. Im Jahre 1830, als die Südhemisphäre Sommer hatte, reichten die Ränder desselben Fleckens nur bis 5 oder 6 Grad vom Pol.

Beer und Mädler haben diese von den glänzenden Polarflecken des Mars gegebene Erklärung, derzufolge dieselben von Schnee herrühren sollen, soweit geprüft und bis in alle Consequenzen verfolgt, als dies mit unsern heutigen Instrumenten geschehen kann.

Nach den Untersuchungen dieser beiden Astronomen gehören von den 668²/₃ Tagen*), die ein Marsjahr ausmachen, in runder Zahl 372 zum Sommer der nördlichen Hemisphäre; die 296 übrigen Tage fallen in den Winter dieser Halbkugel.

Natürlich bestimmen diese Angaben zugleich auch die Jahreszeiten auf der südlichen Halbkugel, wenn man Sommer und Winter miteinander vertauscht.

Indessen verhindert diese so ungleiche Dauer der kalten und der warmen Jahreszeiten keineswegs, daß nicht beide Halbkugeln des Planeten dieselbe mittlere Temperatur besäßen; diesen Umstand werde ich,

---

*) Ein solcher Tag, wie hier gemeint, ist diejenige Zeit, welche der Planet Mars braucht, um eine Umdrehung um seine Axe auszuführen.

gestützt auf einen Lambert'schen Satz, bei Gelegenheit der Betrachtung unserer Jahreszeiten erörtern.

Die Extreme der Temperaturen können hingegen, wenn man beide Hemisphären untereinander vergleicht, beträchtlich verschieden ausfallen.

So steht der Planet zu der Zeit, wo auf seiner Südhälfte die Sonnenwende eintritt, in größter Nähe bei der Sonne, und wird also von derselben mehr erwärmt, als zu jeder andern Zeit. Ebenso wird das Minimum der Wärme mit dem Wintersolstitium zusammenfallen. Infolge davon muß der Südpolarfleck, wenn wirklich der Stoff, von welchem dieser weißliche Schimmer herrührt, Analogie mit unserm Schnee hat, beträchtlich stärkeren Aenderungen in seiner Ausdehnung unterliegen, als der Flecken am Nordpole.

Nach Beer und Mädler soll diese Folgerung wirklich auch durch ihre Beobachtungen Bestätigung finden [6]).

Siebentes Kapitel.

Farbe des Mars.

Im Hebräischen wird Mars der Brennende genannt. Die Griechen gaben dem Mars, der bei ihnen auch Herkules hieß, gewöhnlich den Beinamen πυρόεις, d. h. feurig. Nach Bopp hatte Mars bei den Indern den Namen Angaraka (von angara, glühende Kohle), oder auch lohitânga, der rothe Körper, von lohita roth, anga Körper [7]).

Wenn Griechen und Römer einen rothen Stern bezeichnen wollten, wählten sie zur Vergleichung allemal Mars. Auch heutzutage noch ist Mars derjenige Stern, der von allen Sternen am Himmel am meisten röthlich erscheint. So scheinen also zwei bis drei Jahrtausende die eigenthümliche Beschaffenheit des Lichtes nicht verändert zu haben, das der Mars aussendet, und man muß glauben, daß diese besondere Beschaffenheit seines Lichtes von der Natur des Stoffes bedingt ist, aus denen gewisse Gegenden des Mars gebildet sind.

Unter den Astronomen, Physikern und Geologen haben Einige bei dieser Gelegenheit an ockerhaltiges Erdreich gedacht, an rothen

Sandstein u. dergl., von welchen dort möglicherweise das Sonnenlicht reflectirt wird. Lambert nahm zur Erklärung dieser Erscheinung an, die gesammte Vegetation auf dem Mars sei röthlich gefärbt. Andere dagegen waren der Ansicht, die Farbe des Mars werde durch die Modification hervorgerufen, welche das Sonnenlicht beim Durchgange durch die den Planeten umgebende Atmosphäre erleidet, und sie dachten dabei an den Umstand, daß bei uns zuweilen die auf- oder untergehende Sonne über alle Gegenstände einen röthlichen Schimmer verbreitet.

Aber diese Erklärungsweise ist unzulässig; denn wäre sie die richtige, so müßte die Färbung an den Rändern und in den Polargegenden am intensivsten sein, während die Beobachtung gerade das Gegentheil ergibt.

Man hat auch die Bemerkung gemacht, daß die rothe Farbe des Mars dem bloßen Auge viel auffälliger ist, als man sie im Fernrohre wahrnimmt. Soviel ich mich erinnern kann, glaube ich, daß die Färbung bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen bedeutend verringert wird.

Wäre diese Thatsache unzweifelhaft festgestellt, so würde sich damit die Hauptsache erklären lassen unbeschadet des Einflusses, welchen vielleicht die verhältnißmäßig helleren Flecken auf die Schätzung der durchschnittlichen Färbung ausüben, denn in starken optischen Instrumenten gesehn, nehmen diese Flecken zwischen den gefärbten Theilen der Scheibe ganz bestimmte Stellungen ein.

Achtes Kapitel.

Ueber die Atmosphäre des Mars.

Die beständigen Flecken des Mars lassen sich niemals am Rande des Planeten erkennen; dieser Rand scheint besonders stark erhellt, und aus diesen beiden Thatsachen hat man den Schluß gezogen, daß Mars von einer Atmosphäre umgeben ist. Die stärkere Beleuchtung am Ost- und Westrande glaubten einige Astronomen so merklich zu finden, daß sie diese beiden Ränder sogar mit zwei schmalen, glänzen-

den Menisken verglichen, welche den übrigen verhältnißmäßig dunkeln Theil der Scheibe einschließen.

Bei denjenigen Sternen, welche sich gelegentlich dem Mars nähern, glaubte Herschel Nichts von jenen auffallenden Helligkeitsänderungen zu sehn, welche früherhin J. D. Cassini angekündigt hatte. Indessen war auch Herschel der Ueberzeugung, Mars besitze eine beträchtliche Atmosphäre. Er sah nämlich auf verschiedenen Streifen, die sich auf der Scheibe zwischen den unveränderlichen Flecken zeigten, merkliche Veränderungen, welche ihm nur unter dieser Annahme erklärlich schienen.

Wir haben bereits in Vorstehendem einzeln die Aenderungen besprochen, welche bei den Polarflecken auftreten; diese Aenderungen sind thatsächlich und ganz außer Zweifel gestellt. Es gibt aber auf der Marsscheibe noch andere, welche viel schwieriger zu bemerken und festzustellen sind. Schon Maraldi ist auf Aenderungen dieser letzteren Art aufmerksam geworden; sie hängen möglicherweise ab von einer größeren oder geringeren Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre, und werden von Beer und Mädler [8]) etwa folgendermaßen beschrieben:

„Die beständigen Flecken des Mars erscheinen bestimmter, gesonderter, intensiver in ihrem Sommer; formloser, bleicher, verwaschener in ihrem Winter."

So könnte man demnach verschiedene Durchsichtigkeitsgrade bei der Sommer- und der Winteratmosphäre von der Erde aus wahrnehmen.

Einigen Beobachtern hat es auch geschienen, als wären die dunkeln Flecken von einem grünen Saume umschlossen, aber diese Färbung ist nicht thatsächlich vorhanden. Es ist dies nur ein Contrastphänomen, wie man es allemal bemerkt, wenn ein schwaches, weißes Object an der Seite eines helleren, röthlichen gesehen wird.

Es verdient hier der Umstand noch weiter erwogen zu werden, daß die permanenten Marsflecken an den Rändern verschwinden, insofern dies nämlich eine Wirkung und zugleich ein Beweis sein soll für das Vorhandensein einer den Planeten umgebenden Atmosphäre; denn wir werden darauf zurückzukommen genöthigt sein, wenn wir uns später mit Jupiter und Saturn beschäftigen.

Ich will hier nicht ausführlich von den Grundsätzen der Photometrie reden, welche bei Untersuchung dieses Phänomens zur Anwendung kommen müßten; wir können es vielmehr als ein Ergebniß der Beobachtung annehmen, daß wenn das Sonnenlicht ungehindert auf eine Kugel mit rauher Oberfläche fällt und dieselbe erleuchtet, Rand und Mittelpunkt der scheinbaren Scheibe nahezu dieselbe Helligkeit haben müssen. Dies ist eine Thatsache, die sich durch Beobachtung des Vollmondes constatiren läßt.

Aber diese gleichhelle Beleuchtung fällt natürlich sogleich weg, wenn diejenigen Strahlen, welche Rand und Mittelpunkt des Gestirns erleuchten, nicht von derselben Helligkeit sind.

Denn falls die Sonnenstrahlen, welche auf den Rand des Gestirnes auffallen, mehr geschwächt sind als diejenigen, welche auf den Mittelpunkt fallen, so werden die Ränder offenbar weniger hell als der Mittelpunkt erscheinen.

Ist nun Mars mit einer unvollkommen durchsichtigen Atmosphäre umgeben, so werden diejenigen Strahlen, welche den Rand des Planeten treffen, jedenfalls schwächer sein, als die auf die Mitte auffallenden, insofern sie einen längeren Weg durch die Schichten der Atmosphäre zurücklegen mußten. Schon aus diesem Grunde allein, selbst abgesehen von der Schwächung, welche das Licht erleidet, indem es ein zweites Mal die eben erwähnten atmosphärischen Schichten durchläuft, muß der feste oder flüssige Theil der dem Rande benachbarten Gegenden dunkler erscheinen, als der feste oder flüssige Theil der mittleren Regionen.

Außerdem ist aber noch eine zweite Ursache vorhanden, die ohne das Resultat in der Hauptsache zu verändern, die optischen Folgerungen beträchtlich zu modificiren im Stande ist. In der Richtung nach jedem materiellen Punkte des Planeten muß man nämlich zugleich dasjenige Licht wahrnehmen, welches von diesem Punkte zurückgeworfen wird, und dasjenige, welches in derselben Richtung die entsprechenden, zwischenliegenden Punkte der Planetenatmosphäre reflectiren. Dieses zweite Licht ist offenbar um so intensiver, je höher die Atmosphäre selbst ist; und somit ist einleuchtend, daß in der Nähe des Randes das atmosphärische Licht, indem es zu gleichen Theilen zu dem Lichte eines

Fleckens und zu dem der benachbarten, helleren Regionen hinzutritt, diese nahezu als gleich hell erscheinen läßt. Es geschieht dies nach dem früher behandelten Grundsatze, daß zwei Lichter gleich hell erscheinen, sobald der Unterschied zwischen beiden nicht mehr als $^1/_{60}$ ausmacht.

Machen wir beispielsweise die Voraussetzung, ein gewisser Flecken und die ihm benachbarte Gegend ständen, ihrer Lichthelligkeit nach, zu einander im Verhältniß der Zahlen 30 und 31. Angenommen nun es komme zu jeder dieser Intensitäten eine durch 30 ausgedrückte Lichtmenge hinzu, so werden die Helligkeiten schließlich durch 60 und 61 ausgedrückt werden. Während der Flecken sich vorher von den umliegenden Gegenden in Helligkeit unterschied, wird dieser Unterschied jetzt unmerklich werden.

Ganz analoge Betrachtungen können uns, in Verbindung mit photometrischen Messungen der dunkeln Stellen sowohl, als der helleren Partien in der Mitte und in verschiedenen Abständen vom Rande, einst zu Folgerungen über die optischen Beschaffenheiten der Marsatmosphäre führen, von denen man hätte glauben sollen, sie würden uns stets verborgen bleiben.

Fünfundzwanzigstes Buch.

Ueber die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter.

Erstes Kapitel.

Entdeckung der kleinen Planeten. — Titius' Gesetz.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der Gruppe der so zahlreichen kleinen Planeten, welche in letzter Zeit entdeckt worden sind.

Von einigen Gelehrten sind eigene Nachforschungen darüber angestellt worden, ob nicht einer oder der andere ältere Astronom vom Vorhandensein dieser Planeten eine Ahnung, oder vielleicht richtiger gesagt, eine Vermuthung gehabt habe. Man kann Artemidorus aus Ephesus als einen solchen Propheten ansehn, denn dieser Philosoph hat, etwa ein Jahrhundert vor Christo, behauptet, die Anzahl der Planeten sei unendlich, und nur Lichtschwäche und Unermeßlichkeit der Entfernungen hindere uns, sie alle wahrzunehmen.

Soweit, wie Artemidorus, ging Demokrit nicht; dieser Philosoph begnügte sich vielmehr, wie uns Seneca berichtet, mit der Behauptung, daß eine beträchtlich größere Anzahl von Planeten, als wir wahrnehmen, vorhanden sei.

Kant seinerseits gab eine Erklärung von dem Umstande, daß sich zwischen Mars und Jupiter kein Planet befände. Nach seiner Ansicht sollte Jupiter, bei Entstehung unseres Sonnensystems, alle Materie, aus der ein solcher Zwischenplanet hätte entstehn können, in sich aufgenommen haben, und dies sollte zugleich der Grund für die Kleinheit

des Mars sein, so wie für die Thatsache, daß Mars keinen Trabanten erhielt. Der kolossalste Planet des ganzen Systems sollte dem Mars einen Theil des ihm zugehörigen Stoffes entzogen haben [1].

Titius war zuerst auf eine neue Idee gekommen, indem er untersuchte, ob sich nicht eine Gesetzmäßigkeit in den Abständen der einzelnen Planeten von der Sonne nachweisen ließe. Nach mancherlei Versuchen stellte er die folgende Reihe auf, in welcher, vom dritten Gliede an, jedes folgende doppelt so groß als das vorhergehende ist:

0 3 6 12 24 48 96 192.

Indem er nun zu jedem dieser acht Glieder die Zahl 4 hinzulegte, erhielt Titius folgende neue Reihe:

4	7	10	16	28	52	100	196
☿	♀	♁	♂		♃	♄	⛢

in welcher Reihe, wenn man annimmt,

4 sei Merkurs Abstand von der Sonne,
7 die Entfernung der Venus ausdrückt;
10 die Entfernung der Erde;
16 die Entfernung des Mars;
28 keinem Planeten zugehört, also eine Lücke anzeigt;
52 die Entfernung des Jupiter ausdrückt;
100 endlich die Entfernung des Saturn bezeichnet.

Nun sind in der That (wie wir im 6. Kap. des 16. Buches gesehn haben) die wirklichen mittleren Abstände der Planeten von der Sonne die nachstehenden:

Merkur ☿	0,387098
Venus ♀	0,723332
Erde ♁	1,000000
Mars ♂	1,523691
Jupiter ♃	5,202798
Saturn ♄	9,538852
Uranus ⛢	19,182730
Neptun ♆	30,036280,

wobei allerdings merkwürdig ist, daß 196 nahezu den Abstand des Planeten Uranus ausdrückt, den Titius noch nicht kannte.

Dagegen gibt das Titius'sche Gesetz den mittleren Abstand des

Neptun von der Sonne merklich falsch an; denn 192 mal 2 + 4 ist gleich 388, also erheblich verschieden von der Zahl 300.

Diese Betrachtungen über das Gesetzmäßige in den mittleren Abständen der Planeten von der Sonne schreibt man gewöhnlich Bode zu, dem bekannten ehemaligen Director der berliner Sternwarte, der sich in der That mehrfach mit diesem Gesetze beschäftigt hat; aber, wie Bode in seinen Abhandlungen selbst angibt, muß dies Gesetz, das häufig das Bode'sche genannt wird, nach Titius benannt werden. Zuerst kommt dies angebliche Gesetz vor in einer deutschen Uebersetzung von Bonnet's Contemplation de la nature, die der Prof. Titius in Wittenberg herausgab [2]).

Ohne hierauf näher einzugehn, steht zunächst fest, daß die zufolge des Titius'schen Gesetzes zwischen Mars und Jupiter bestehende Lücke darauf hinzudeuten schien, daß einer oder mehrere unbekannte Planeten im Abstande 28 um die Sonne kreisen müsse. Diese Vermuthung hat sich vollständig bewährt; denn in den Regionen, die ungefähr im Abstande 28 liegen (den Abstand zwischen Sonne und Erde 10 gesetzt), befinden sich alle die kleinen Planeten, welche seit Anfange dieses Jahrhunderts entdeckt worden sind.

Kaum waren die ersten vier dieser Planeten aufgefunden, so begann Herschel sie mit der Kritik und Genauigkeit, und mit der Ausdauer, welche ihm eigenthümlich waren, zu beobachten. Ihre Bahnen, ihre Größe und physische Beschaffenheit unterwarf er einer genauen Untersuchung.

Aus diesen Beobachtungen folgerte Herschel, daß die zwischen Mars und Jupiter befindlichen Wandelsterne weder wegen ihrer Größe noch aus irgend einem andern Grunde den Namen Planeten verdienten; er schlug vor sie Asteroiden zu nennen. Dr. Thomson in der Royal Society kritisirte diese neue Bezeichnungsweise bitter, und ging darin so weit, daß er behauptete, der große Astronom „habe den ersten Entdeckern dieser Körper die Berechtigung nicht zugestehn wollen, sich in der Reihe der Entdecker in der Astronomie ihm selbst (Herschel) an die Seite zu stellen". Um indessen eine derartige Beschuldigung zurückzuweisen, würde ich nur nöthig haben ihr die nachfolgende Stelle aus einer Abhandlung Herschel's in den Philosophical

Transactions vom Jahre 1805 entgegenzustellen, in welcher es heißt: „Der specifische Unterschied zwischen Planeten und Asteroiden ist jetzt ganz unzweifelhaft festgestellt. Wie mir scheint, ist durch diesen Umstand die Schönheit und der Schmuck unseres Systemes mehr erhöht worden, als dies selbst durch Entdeckung eines neuen Planeten hätte geschehn können."

Ich werde jetzt die neuen Planeten sämmtlich aufzählen, und bei jedem den Beobachter namhaft machen, der ihn entdeckt hat; ferner werde ich für jeden das genaue Datum der ersten Beobachtungen und die elliptischen Elemente anführen. In einzelnen Fällen werde ich auch hinzufügen, was über körperlichen Inhalt und physische Beschaffenheit dieser kleinen Gestirne bekannt geworden ist[3]).

Zweites Kapitel.

Ceres.

Den Planeten Ceres, der durch eines der beiden Zeichen ⚳ oder ① dargestellt wird, hat Piazzi zu Palermo entdeckt am 1. Januar 1800.

Die Ebene seiner Bahn ist 10° 36′ 31″ gegen die Ekliptik geneigt. Die Umlaufszeit beträgt 1681 Tage und die mittlere Bewegung ist nahezu 771″.

Der mittlere Abstand von der Sonne oder die halbe große Axe der Bahn ist 2,767, wenn man den mittleren Abstand zwischen Sonne und Erde gleich Eins setzt. Im Aphel beträgt der Abstand 2,988, im Perihel dagegen 2,546; die Excentricität ist 0,0795.

Die Länge des Perihels ist 149° 26′ 59″; die des aufsteigenden Knotens 80° 49′ 3″; die mittlere Länge zur Zeit der Epoche, 9. Juni 1858 um Mitternacht, ist 249° 24′ 38″.

Ceres hat bisweilen das Ansehn eines Sternes 8. Größe und ist von etwas röthlicher Farbe. Der wirkliche Durchmesser dieses Planeten beträgt nach Herschel etwas über 30 geogr. Meilen; nach Schröter soll er indessen mehr als 90 Meilen betragen[4]).

Damit man sich nicht wundere, so große Verschiedenheit in den

Angaben über die absolute Größe dieses Planeten nach den beiden Astronomen zu finden, bemerke ich, daß diese Dimensionen aus Beobachtungen abgeleitet sind, welche mit sogenannten Projectionsmikrometern angestellt wurden, d. h. mit Instrumenten, welche, wie ich im 2. Kap. des 14. Buches gezeigt habe, in manchen Beziehungen sehr fehlerhaft sind.

Schröter glaubte rund um den Planeten Spuren von einer dichten und sehr hohen Atmosphäre bemerkt zu haben, wovon auch beträchtliche Aenderungen in der Helligkeit dieses Planeten herrühren sollen.

Drittes Kapitel.

Pallas.

Der Planet Pallas, den man gewöhnlich mit einem der Zeichen ⚴ oder ② bezeichnet, wurde von Olbers zu Bremen am 28. März 1802 entdeckt.

Die Neigung der Bahnebene gegen die Ebene der Ekliptik ist sehr beträchtlich, indem dieselbe 34° 42′ 18″ beträgt. Die siderische Umlaufszeit ist nahezu 1684 Tage und die tägliche mittlere Bewegung 769″.

Der mittlere Abstand von der Sonne oder die halbe große Axe der Bahn ist 2,770; den Perihelabstand findet man 2,107, den Abstand im Aphel 3,433.

Ungewöhnlich groß ist die Excentricität, nämlich 0,239.

Die Perihellänge ist 1858 122° 8′ 4″, und der aufsteigende Knoten lag zu der Zeit in 172° 39′ 34″. Am 27. Mai 1858 Mittags ist die mittlere Länge gleich 224° 1′ 38″.

Steht Pallas in der Nähe der Opposition, so erscheint sie als ein Stern 7. Größe in schöner, gelblicher Färbung.

Diesen Planeten umgibt eine Nebelhülle, die jedoch nicht so deutlich ist, als bei der Ceres.

Als wirklichen Durchmesser hat Herschel für die Pallas etwa 22 geogr. Meilen gefunden; dagegen fand Schröter denselben 380,

Lamont endlich 123 Meilen. In Betreff dieser großen Abweichungen muß ich auf die Bemerkung verweisen, die ich bei Ceres schon machte [5]).

Viertes Kapitel.

Juno.

Harding zu Lilienthal hat die Juno am 1. Sept. 1804 entdeckt; diesen Planeten pflegen die Astronomen mit dem Zeichen ⚵ oder ③ zu belegen.

Im Jahre 1858 ist die Neigung der Bahn dieses Planeten gegen die Ebene der Ekliptik 13° 3′ 15″, und die Bahn wird nahezu in 1592 Tagen durchlaufen; die mittlere tägliche Bewegung des Planeten ist etwa 814″.

Der mittlere Abstand ist 2,669; der Abstand im Perihel 1,985 und im Aphel 3,353.

Ebenso wie Pallas hat auch Juno eine große Excentricität; dieselbe beträgt 0,256.

Als Perihellänge gilt für 1858 53° 59′ 13″; aufsteigender Knoten 171° 0′ 13; mittlere Länge am Mittag des 1. Febr. 1858 104° 40′ 54″.

Zur Zeit der Opposition erblickt man Juno als einen Stern achter Größe; meist von etwas röthlicher Färbung.

Juno scheint eine sehr dichte Atmosphäre zu haben, doch ohne eigentliche Nebelhülle.

Schröter's Angaben zufolge soll dieser Planet große und schnelle Aenderungen in seiner Helligkeit zeigen, woraus man auf eine von der Kugelgestalt sehr abweichende Form des Planeten geschlossen hat.

Im Jahre 1804 wandte Herschel viele Mühe und Beharrlichkeit auf die Bestimmung der Winkelgröße der Juno. Seine unmittelbaren Messungen ergaben stets zwischen 2 und 3 Zehntelsecunden; daraus erhält man für den mittlern Abstand zwischen Sonne und Erde ungefähr 1 Bogensecunde. Die Durchmesser der Ceres und der Pallas betragen dagegen nach Herschel, in derselben Entfernung gesehn, nur 0″,35 und 0″,24. Dabei wurde indessen keineswegs ermittelt, wie-

weit diese Resultate frei sind von dem fehlererzeugenden, das Bild vergrößernden Einflusse des Auges und des Fernrohrs. Auch Mädler in Dorpat hat diesen Durchmesser gemessen, und denselben etwa 73 geogr. Meilen gefunden[6]).

Fünftes Kapitel.

Vesta.

Den Planeten Vesta entdeckte Olbers zu Bremen am 29. März 1807. Die Astronomen bezeichnen ihn sowohl mit ⚶ als mit ④.

Seine Bahn ist gegen die Ebene der Ekliptik geneigt um 7° 8′ 15″.

Die Dauer eines siderischen Umlaufs ist nahezu 1325 Tage, und die mittlere tägliche Bewegung ist 978″.

Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 2,361; in der Sonnennähe ist der Abstand 2,149 und in der Sonnenferne 2,574. Die Excentricität beträgt 0,090.

Die Länge des Perihels ist im Jahre 1858 250° 32′ 56″, des aufsteigenden Knotens 103° 24′ 26″, und am 23. April Mittags die mittlere Länge 218° 26′ 20″.

Zur Zeit der Opposition erreicht Vesta oft die sechste Größe, und ist alsdann, bei heiterem Himmel, mit bloßem Auge zu erkennen. So sah sie Schröter mehrmals. Das Licht der Vesta ist heller, und soll reiner und weißer sein, als das der Ceres, Pallas und Juno. Hind sagt aber, die Vesta habe ein schwachgelbliches Licht[7]).

Um diesen Planeten bemerkt man keine Spur von Nebel; Nichts deutet bei ihm auf eine Atmosphäre.

Schröter bestimmte den Winkeldurchmesser zu 0″,488; da ich aber nicht weiß, in welchem Abstande von der Erde dieser Winkel gemessen wurde, bin ich nicht im Stande, ihn durch geographische Meilen auszudrücken. Mädler setzt den wirklichen Durchmesser etwa 60 Meilen[8]).

Im Monat Mai 1807, zwei Monate nach der damaligen Opposition des Planeten, fand Herschel, daß der Durchmesser der Vesta, während er an dem Planeten durchaus keinen nebligen und atmosphä-

rischen Schein bemerkte, nur den zehnten Theil vom Durchmesser des Uranus betrug.

Sechstes Kapitel.

Asträa.

Nach einer Zwischenzeit von 38 Jahren, in welcher kein neuer Planet aufgefunden worden war, entdeckte Hencke in Driesen, am 8. Dezember 1845, die Asträa. Dieser Planet wird entweder durch das Zeichen ⯙ oder ⑤ ausgedrückt.

Die Asträabahn ist gegen die Ebene der Ekliptik 5° 19′ 35″ geneigt; sie wird etwa in 1511 Tagen durchlaufen, und zwar mit einer mittleren täglichen Bewegung von 858″.

Die halbe große Bahnaxe ist 2,576, die Excentricität 0,189; damit wird der Abstand in der Sonnennähe 2,087 und in der Sonnenferne 3,066.

Die mittlere Länge war Anfang Januar 1850 80° 56′ 3″; zu derselben Zeit war die Perihellänge 134° 35′ 36″, und die Länge des aufsteigenden Knotens 141° 24′ 48″.

Unter den günstigsten Umständen, d. h. wenn der Planet gleichzeitig in Opposition und im Perihel steht, ist Asträa nach Hind kaum heller als ein Stern neunter Größe [9]).

Siebentes Kapitel.

Hebe.

Hencke hat die Hebe zu Driesen am 1. Juli 1847 entdeckt; dieser Planet hat als Zeichen ⯚ oder ⑥ erhalten; seine Elemente sind folgende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	14° 46′ 24″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1380 T.
Mittlere tägliche Bewegung	938″,98
Excentricität der Bahn	0,201
Halbe große Axe	2,426

Periheldistanz	1,940
Apheldistanz	2,912
Mittlere Länge der Epoche (1858. Mai 8.) .	242° 1′ 33″
Länge des Periheliums	15 7 49
Länge des aufsteigenden Knotens	138 35 29

Zur Zeit seiner Entdeckung war dieser Planet nach Hind etwas schwächer als ein Stern neunter Größe.

Achtes Kapitel.

Iris.

Iris, durch [illegible] oder ⑦ bezeichnet, wurde am 13. August 1847 von Hind zu London entdeckt. Die Elemente dieses Planeten sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 28′ 1″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1346 T.
Mittlere tägliche Bewegung	962″,63
Excentricität der Bahn	0,231
Halbe große Axe	2,386
Periheldistanz	1,835
Apheldistanz	2,937
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juli 19.)	322° 34′ 39″
Länge des Periheliums	41 29 15
Länge des aufsteigenden Knotens	259 46 16

Iris hat die Helligkeit eines Sternes achter Größe. Mehrere Beobachter haben merkliche Aenderungen in der Lichtstärke dieses Planeten bemerkt, die weder den Aenderungen in der Entfernung von der Erde und der Sonne, noch atmosphärischen Zuständen zugeschrieben werden können. Man hat angenommen, der Planet sei nicht rund und biete während seiner Rotationsbewegung der Erde bald eine breite Fläche, bald, so zu sagen, eine Spitze dar.

Neuntes Kapitel.

Flora.

Ebenso wie Iris wurde der Planet Flora durch Hind zu London entdeckt; am 18. October 1847 hat ihn dieser Astronom zum ersten

Male gesehen. Man hat ihm das Zeichen ⚘ oder ⑧ gegeben. Seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 53′ 8″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1193 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1086″,33
Excentricität der Bahn	0,157
Halbe große Axe	2,201
Periheldistanz	1,856
Aphheldistanz	2,546
Mittlere Länge der Epoche (1848. Januar 1.)	68° 48′ 32″
Länge des Periheliums	32 54 28
Länge des aufsteigenden Knotens	110 17 49

Flora ist derjenige Planet, der unter den Asteroiden den kleinsten mittleren Abstand von der Sonne (halbe große Axe) besitzt.

Aehnlich einem Sterne achter bis neunter Größe erscheint dieser Planet nach Hind bisweilen röthlich, aber ohne irgend ein nebliges Aussehen.

Zehntes Kapitel.

Metis.

Der durch das Zeichen ⚶ oder ⑨ dargestellte Planet Metis wurde am 25. April 1848 von Graham zu Makree-Castle entdeckt. Seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 36′ 1″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1346 T.
Mittlere tägliche Bewegung	962″,89
Excentricität der Bahn	0,123
Halbe große Axe	2,386
Periheldistanz	2,092
Aphheldistanz	2,680
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juni 30.)	128° 8′ 13″
Länge des Periheliums	71 3 56
Länge des aufsteigenden Knotens	68 31 32

Metis besitzt nach Hind den Glanz eines Sternes zehnter Größe; um sie gut zu sehen, ist daher ein starkes Teleskop nothwendig.

Elftes Kapitel.

Hygiea.

Hygiea wurde von Gasparis zu Neapel zuerst am 14. April 1849 beobachtet.

Da die Anzahl der nach und nach zwischen Mars und Jupiter entdeckten kleinen Planeten in unerwarteter Weise anwuchs, so einigten sich die Astronomen dahin, als einziges Zeichen für einen jeden derselben die Nummer aus der Reihenfolge ihrer Entdeckung zu nehmen, und dieselbe in einen kleinen Kreis einzuschließen. Hygiea wird hiernach dargestellt durch ⑩.

Die Elemente dieses Planeten, der zu den von der Sonne entfernteren gehört, sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	3° 47′ 9″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	2041 T.
Mittlere tägliche Bewegung	634″,85
Excentricität der Bahn	0,101
Halbe große Axe	3,149
Periheldistanz	2,832
Apheldistanz	3,466
Mittlere Länge der Epoche (1851. Sept. 17.)	354° 47′ 48″
Länge des Periheliums	227 47 59
Länge des aufsteigenden Knotens	287 38 34

Nach Hind würde dieser Planet nach seiner Helligkeit und seinem Ansehen überhaupt zu den Sternen neunter Größe gestellt werden können.

Zwölftes Kapitel.

Parthenope.

Parthenope, mit dem Zeichen ⑪, wurde ebenfalls von Gasparis zu Neapel entdeckt; dieser Astronom sah den Planeten zum ersten Male am 11. Mai 1850. Die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	4° 36′ 58″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1403 T.
Mittlere tägliche Bewegung	923″,78
Excentricität der Bahn	0,099

Halbe große Axe	2,453
Periheldistanz	2,210
Apheldistanz	2,696
Mittlere Länge der Epoche (1858. Juni 27.)	283° 56′ 42″
Länge des Periheliums	316 10 7
Länge des aufsteigenden Knotens	125 3 41

Parthenope gleicht einem Sterne neunter Größe.

Dreizehntes Kapitel.

Victoria.

Der Planet Victoria, den man auch Clio zu nennen vorgeschlagen hat, wurde am 13. September 1850 von Hind zu London entdeckt; er hat das Zeichen (12). Seine Elemente sind folgende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	8° 23′ 19″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1301 T.
Mittlere tägliche Bewegung	995″,83
Excentricität der Bahn	0,219
Halbe große Axe	2,333
Periheldistanz	1,822
Apheldistanz	2,844
Mittlere Länge der Epoche (1851. Jan. 0) .	7° 42′ 5″
Länge des Periheliums	301 39 25
Länge des aufsteigenden Knotens	235 34 42

Nach Hind gleicht dieser Planet im Maximum seiner Helligkeit einem Sterne neunter Größe und ist von bläulicher Farbe.

Ein amerikanischer Beobachter Ferguson gibt an, sich im März 1851 überzeugt zu haben, daß der Planet Victoria Aenderungen in seiner Lichtstärke zeige; was diese Bemerkung des amerikanischen Astronomen einer gewissen Beachtung werth macht, ist der Umstand, daß der Planet bald mehr bald weniger leicht zu beobachten war, als ein sehr kleiner in seiner Nähe befindlicher Stern; Ferguson's Beobachtungen bieten hiernach in gewisser Weise eine photometrische Messung.

Vierzehntes Kapitel.

Egeria.

Der Planet Egeria, bezeichnet ⑬, wurde am 2. November 1850 zu Neapel von Gasparis entdeckt. Seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	16° 32′ 24″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1510 T.
Mittlere tägliche Bewegung	858″,42
Excentricität der Bahn	0,088
Halbe große Axe	2,576
Periheldistanz	2,350
Apheldistanz	2,802
Mittlere Länge der Epoche (1858. Sept. 26.)	11° 24′ 13″
Länge des Periheliums	119 31 17
Länge des aufsteigenden Knotens	43 19 30

Die Helligkeit dieses Planeten übersteigt nicht die eines Sternes neunter Größe.

Funfzehntes Kapitel.

Irene.

Irene (Zeichen ⑭) wurde am 19. Mai 1851 zu London von Hind entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	9° 7′ 7″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1522 T.
Mittlere tägliche Bewegung	851″,56
Excentricität der Bahn	0,165
Halbe große Axe	2,589
Periheldistanz	2,179
Apheldistanz	2,999
Mittlere Länge der Epoche (1857. Nov. 20.)	67° 12′ 21″
Länge des Periheliums	179 28 22
Länge des aufsteigenden Knotens	86 40 5

Dieser Planet, der einem Sterne achter bis neunter Größe gleicht, scheint nach Hind von einem leichten Nebel umgeben zu sein.

Sechzehntes Kapitel.

Eunomia.

Der Planet Eunomia (Zeichen (15)) wurde am 19. Juli 1851 zu Neapel von Gasparis entdeckt; seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	11° 44′ 5″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1569 T.
Mittlere tägliche Bewegung	825″,80
Excentricität der Bahn	0,188
Halbe große Axe	2,643
Periheldistanz	2,146
Apheldistanz	3,140
Mittlere Länge der Epoche (1854. Jan. 0.) .	149° 54′ 19″
Länge des Periheliums	27 47 12
Länge des aufsteigenden Knotens	293 55 42

Nach Hind gleicht dieser Planet einem Sterne neunter Größe.

Siebzehntes Kapitel.

Psyche.

Der Planet Psyche (Zeichen (16)) wurde ebenfalls zu Neapel von Gasparis am 17. März 1852 entdeckt; seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	3° 4′ 1″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1828 T.
Mittlere tägliche Bewegung	708″,80
Excentricität der Bahn	0,136
Halbe große Axe	2,926
Periheldistanz	2,529
Apheldistanz	3,323
Mittlere Länge der Epoche (1854. Juli 14.)	313° 1′ 2″
Länge des Periheliums	12 30 57
Länge des aufsteigenden Knotens	150 32 24

Sein Glanz ist der eines Sternes zehnter Größe.

Achtzehntes Kapitel.

Thetis.

Thetis (17) wurde am 17. April 1852 zu Bilk bei Düsseldorf von Luther entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 35′ 41″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1420 T.
Mittlere tägliche Bewegung	911″,98
Excentricität der Bahn	0,127
Halbe große Axe	2,474
Periheldistanz	2,160
Apheldistanz	2,788
Mittlere Länge der Epoche (1856. April 4.)	210° 1′ 24″
Länge des Periheliums	259 22 51
Länge des aufsteigenden Knotens	125 27 13

In seinem Glanze gleicht er einem Sterne neunter bis zehnter Größe.

Neunzehntes Kapitel.

Melpomene.

Melpomene (18) ward von Hind zu London am 24. Juni 1852 entdeckt, und hat folgende Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 9′ 5″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1271 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1019″,97
Excentricität der Bahn	0,217
Halbe große Axe	2,296
Periheldistanz	1,798
Apheldistanz	2,794
Mittlere Länge der Epoche (1854. Januar 0.)	95° 6′ 52″
Länge des Periheliums	15 14 32
Länge des aufsteigenden Knotens	150 1 8

Der Glanz dieses Planeten variirt zwischen dem eines Sternes achter und neunter Größe.

Zwanzigstes Kapitel.

Fortuna.

Der Planet Fortuna (19) ward ebenfalls zu London von Hind entdeckt; dieser Astronom sah ihn zum ersten Mal am 22. August 1852. Die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	1° 32′ 29″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1393 T.
Mittlere tägliche Bewegung	930″,16
Excentricität der Bahn	0,158
Halbe große Axe	2,441
Periheldistanz	2,055
Apheldistanz	2,827
Mittlere Länge der Epoche (1858. März 3.)	148° 28′ 56″
Länge des Periheliums	30 22 50
Länge des aufsteigenden Knotens	211 29 29

Der Glanz ist der eines Sternes neunter Größe.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Massalia.

Dieser Planet mit dem Zeichen (20) wurde am 19. September 1852 von Gasparis zu Neapel (und am folgenden Tage, am 20. September, von Chacornac zu Marseille) gesehen. Unter allen bekannten Planetenbahnen hat die Bahn der Massalia die kleinste Neigung gegen die Ekliptik; die Elemente sind diese:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	0° 41′ 7″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1366 T.
Mittlere tägliche Bewegung	948″,74
Excentricität der Bahn	0,144
Halbe große Axe	2,409
Periheldistanz	2,063
Apheldistanz	2,755
Mittlere Länge der Epoche (1858. April 21.)	195° 16′ 54″
Länge des Periheliums	98 28 38
Länge des aufsteigenden Knotens	206 41 28

Der Planet gleicht einem Sterne neunter bis zehnter Größe.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Lutetia.

Der Planet Lutetia (21) wurde am 15. November 1852 zu Paris von dem Historienmaler Hermann Goldschmidt entdeckt. Seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 5′ 11″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1388 T.
Mittel der täglichen Bewegung	933″,69
Excentricität der Bahn	0,162
Halbe große Axe	2,435
Periheldistanz	2,041
Apheldistanz	2,829
Mittlere Länge der Epoche (1853. Januar 2.)	41° 23′ 9″
Länge des Periheliums	327 3 14
Länge des aufsteigenden Knotens	80 27 21

Dieser Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Calliope.

Calliope (22) entdeckte Hind am 16. November 1852 zu London; die Elemente der Bahn sind die folgenden:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	13° 45′ 28″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1813 T.
Mittlere tägliche Bewegung	714″,96
Excentricität der Bahn . . . . ,	0,102
Halbe große Axe	2,910
Periheldistanz	2,613
Apheldistanz	3,207
Mittlere Länge der Epoche (1860. Januar 0.)	224° 46′ 27″
Länge des Periheliums	56 34 13
Länge des aufsteigenden Knotens	66 36 22

Dieser Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Thalia.

Auch die Entdeckung dieses Planeten ㉓ verdanken wir Hind, der ihn zu London am 15. December 1852 auffand. Die Elemente sind nachstehende:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 13′ 51″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1554 T.
Mittlere tägliche Bewegung	834″,29
Excentricität der Bahn	0,235
Halbe große Axe	2,625
Periheldistanz	2,008
Apheldistanz	3,242
Mittlere Länge der Epoche (1854. Januar 0.)	173° 39′ 42″
Länge des Periheliums	123 11 26
Länge des aufsteigenden Knotens	67 55 55

Der Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Phocea.

Phocea ㉔ wurde am 6. April 1853 zu Marseille von Chacornac entdeckt; die Elemente sind wie folgt:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	21° 34′ 54″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1360 T.
Mittlere tägliche Bewegung	952″,93
Excentricität der Bahn	0,253
Halbe große Axe	2,402
Periheldistanz	1,793
Apheldistanz	3,011
Mittlere Länge der Epoche (1858. Dec. 23.)	75° 18′ 53″
Länge des Periheliums	302 54 41
Länge des aufsteigenden Knotens	214 4 15

Der Glanz dieses Planeten variirt zwischen dem eines Sternes neunter und zwölfter Größe.

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Themis.

Themis (25) wurde an demselben 6. April zu Neapel von Gasparis aufgefunden; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	0° 49′ 2″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	2042 T.
Mittlere tägliche Bewegung	634″,68
Excentricität der Bahn	0,117
Halbe große Axe	3,150
Periheldistanz	2,780
Apheldistanz	3,520
Mittlere Länge der Epoche (1856. Sept. 25.)	30° 2′ 42″
Länge des Periheliums	137 54 10
Länge des aufsteigenden Knotens	36 10 30

Dieser Planet gleicht meist einem Sterne elfter bis zwölfter Größe.

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Proserpina.

Proserpina (26) wurde zu Bilk von Luther am 5. Mai 1853 entdeckt; seine Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 35′ 40″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1581 T.
Mittlere tägliche Bewegung	819″,68
Excentricität der Bahn	0,087
Halbe große Axe	2,656
Periheldistanz	2,424
Apheldistanz	2,888
Mittlere Länge der Epoche (1857. März 20.)	181° 21′ 31″
Länge des Periheliums	235 17 37
Länge des aufsteigenden Knotens	45 53 20

Proserpina hat den Glanz eines Sternes zehnter Größe.

Achtundzwanzigstes Kapitel*).

Euterpe.

[Euterpe (27), am 8. November 1857 zu London von Hind entdeckt, hat folgende Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	1° 35′ 32″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1313 T.
Mittlere tägliche Bewegung	987″,16
Excentricität der Bahn	0,173
Halbe große Axe	2,346
Periheldistanz	1,940
Apheldistanz	2,752
Mittlere Länge der Epoche (1858. Febr. 10.)	126° 41′ 18″
Länge des Periheliums	87 29 25
Länge des aufsteigenden Knotens	93 43 53

Der Planet gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Bellona.

Bellona (28) wurde am 1. März 1854 zu Bilk von Luther entdeckt; die Elemente sind diese:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	9° 22′ 31″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1689 T.
Mittlere tägliche Bewegung	767″,49
Excentricität der Bahn	0,154
Halbe große Axe	2,775
Periheldistanz	2,346
Apheldistanz	3,206
Mittlere Länge der Epoche (1854. März 0.)	159° 3′ 37″
Länge des Periheliums	122 22 48
Länge des aufsteigenden Knotens	144 43 5

Der Planet hat den Glanz eines Sternes zehnter Größe.

---

*) Um den von Arago entworfenen Plan zu vervollständigen, ist hier die Geschichte der kleinen, seit dem Tode des berühmten Astronomen entdeckten Planeten bis auf die jetzige Zeit fortgeführt worden.

Dreißigstes Kapitel.

Amphitrite.

Dieser Planet (29) wurde ebenfalls am 1. März 1854, aber von Marth zu London entdeckt; er hat die Elemente:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	6° 7′ 52″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1490 T.
Mittlere tägliche Bewegung	869″,18
Excentricität der Bahn	0,073
Halbe große Axe	2,554
Periheldistanz	2,368
Apheldistanz	2,740
Mittlere Länge der Epoche (1858. März 27.)	180° 1′ 13″
Länge des Periheliums	56 29 5
Länge des aufsteigenden Knotens	356 26 34

Er gleicht einem Sterne neunter Größe.

Einunddreißigstes Kapitel.

Urania.

Urania (30) wurde am 22. Juli 1854 zu London von Hind entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	2° 5′ 57″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1328 T.
Mittlere tägliche Bewegung	976″,07
Excentricität der Bahn	0,127
Halbe große Axe	2,364
Periheldistanz	2,063
Apheldistanz	2,665
Mittlere Länge der Epoche (1858. Oct. 9.) .	19° 30′ 24″
Länge des Periheliums	31 23 25
Länge des aufsteigenden Knotens	308 13 46

Der Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Zweiunddreißigstes Kapitel.

Euphrosyne.

Der Planet Euphrosyne (31) wurde am 2. September 1854 zu Washington von Ferguson entdeckt; unter den kleinen bis jetzt bekannten Planeten hat er den kleinsten mittleren Abstand von der Sonne. Die Elemente sind nämlich:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	26° 25′ 12″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	2048 T.
Mittlere tägliche Bewegung	632″,80
Excentricität der Bahn	0,216
Halbe große Axe	3,156
Periheldistanz	2,474
Apheldistanz	3,838
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 0.) .	53° 49′ 50″
Länge des Periheliums	93 51 7
Länge des aufsteigenden Knotens	31 25 23

Euphrosyne gleicht einem Sterne elfter Größe.

Dreiunddreißigstes Kapitel.

Pomona.

Pomona (32) wurde am 26. October 1854 von Goldschmidt entdeckt; die Elemente sind so bestimmt worden:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 29′ 5″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1519 T.
Mittlere tägliche Bewegung	853″,00
Excentricität der Bahn	0,082
Halbe große Axe	2,586
Periheldistanz	2,373
Apheldistanz	2,799
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 5.) .	57° 34′ 12″
Länge des Periheliums	194 27 6
Länge des aufsteigenden Knotens	220 48 30

Dieser Planet hat den Glanz eines Sternes elfter Größe.

Vierunddreißigstes Kapitel.

Polyhymnia.

Der Planet Polyhymnia (33) wurde zu Paris am 28. October 1854 von Chacornac aufgefunden. Die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	1° 56′ 48″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1771 T.
Mittlere tägliche Bewegung	731″,83
Excentricität der Bahn	0,338
Halbe große Axe	2,865
Periheldistanz	1,898
Apheldistanz	3,832
Mittlere Länge der Epoche (1855. Jan. 0.) .	23° 5′ 48″
Länge des Periheliums	340 41 56
Länge des aufsteigenden Knotens	9 14 30

Polyhymnia hat unter allen bekannten Planeten die größte Excentricität. Der Glanz ändert sich zwischen dem eines Sternes neunter und dreizehnter Größe.

Fünfunddreißigstes Kapitel.

Circe.

Circe (34) wurde ebenfalls von Chacornac zu Paris am 6. April 1855 entdeckt. Die Elemente der Bahn sind diese:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik .	5° 26′ 33″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1610 T.
Mittlere tägliche Bewegung	804″,99
Excentricität der Bahn	0,108
Halbe große Axe	2,688
Periheldistanz	2,397
Apheldistanz	2,979
Mittlere Länge der Epoche (1857. April 9,7.)	193° 36′ 37″
Länge des Periheliums	149 58 35
Länge des aufsteigenden Knotens	184 47 11

Dieser Planet gleicht einem Sterne elfter Größe.

Sechsunddreißigstes Kapitel.

Leucothea.

Leucothea (35) wurde am 19. April 1855 von Luther zu Bilk entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	8° 15′ 18″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1873 T.
Mittlere tägliche Bewegung	691″,93
Excentricität der Bahn	0,216
Halbe große Axe	2,974
Periheldistanz	2,330
Apheldistanz	3,618
Mittlere Länge der Epoche (1855. Mai 0.) .	197° 49′ 5″
Länge des Periheliums	198 17 0
Länge des aufsteigenden Knotens	356 24 38

Dieser Planet gleicht einem Sterne zwölfter Größe.

Siebenunddreißigstes Kapitel.

Atalante.

Atalante (36) wurde am 5. October 1855 zu Paris von Goldschmidt entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	18° 42′ 10″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1665 T.
Mittlere tägliche Bewegung	778″,60
Excentricität der Bahn	0,298
Halbe große Axe	2,749
Periheldistanz	1,934
Apheldistanz	3,564
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	36° 19′ 53″
Länge des Periheliums	42 22 25
Länge des aufsteigenden Knotens	359 8 48

Der Glanz dieses Sternes schwankt zwischen dem eines Sternes elfter und vierzehnter Größe.

Achtunddreißigstes Kapitel.

Fides.

Der Planet Fides (37) wurde am 12. Januar 1856 von Luther zu Bilk entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 7′ 19″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1568 T.
Mittlere tägliche Bewegung	826″,29
Excentricität der Bahn	0,175
Halbe große Axe	2,642
Periheldistanz	2,180
Apheldistanz	3,104
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	42° 34′ 30″
Länge des Periheliums	66 5 36
Länge des aufsteigenden Knotens	8 10 23

Fides gleicht einem Sterne zehnter Größe.

Neununddreißigstes Kapitel.

Leda.

Der Planet Leda (38) wurde am 8. Februar 1856 von Chacornac zu Paris entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 58′ 32″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1656 T.
Mittlere tägliche Bewegung	782″,45
Excentricität der Bahn	0,156
Halbe große Axe	2,740
Periheldistanz	2,314
Apheldistanz	3,166
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 0.) .	112° 55′ 7″
Länge des Periheliums	100 40 28
Länge des aufsteigenden Knotens	296 27 47

Dieser Planet hat den Glanz eines Sternes elfter Größe.

Vierzigstes Kapitel.

Lätitia.

Lätitia (39) wurde ebenfalls zu Paris von Chacornac am 8. Febr. 1856 entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	10° 21′ 0″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1685 T.
Mittlere tägliche Bewegung	769″,20
Excentricität der Bahn	0,111
Halbe große Axe	2,771
Perihеldistanz	2,464
Aphеldistanz	3,078
Mittlere Länge der Epoche (1856. Jan. 1.) .	146° 43′ 50″
Länge des Periheliums	2 7 12
Länge des aufsteigenden Knotens	157 19 39

Der Planet hat den Glanz eines Sternes neunter Größe.

Einundvierzigstes Kapitel.

Harmonia.

Harmonia (40) wurde am 31. März 1856 zu Paris von Goldschmidt entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	4° 15′ 48″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1246 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1040″,3
Excentricität der Bahn	0,046
Halbe große Axe	2,266
Periheldistanz	2,162
Apheldistanz	2,370
Mittlere Länge der Epoche (1857. Jan. 0.) .	275° 5′ 31″
Länge des Periheliums	2 2 16
Länge des aufsteigenden Knotens	93 32 28

Der Glanz dieses Planeten ist einem Sterne neunter bis zehnter Größe vergleichbar.

Zweiundvierzigstes Kapitel.

Daphne.

Der Planet Daphne (41) wurde ebenfalls zu Paris von Goldschmidt, und zwar am 22. Mai 1856 entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	15° 48′ 23″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1358 T.
Mittlere tägliche Bewegung	954″,11
Excentricität der Bahn	0,202
Halbe große Axe	2,400
Periheldistanz	1,914
Apheldistanz	2,886
Mittlere Länge der Epoche (1856. Juni 0, 5.)	202° 28′ 49″
Länge des Periheliums	230 21 30
Länge des aufsteigenden Knotens	180 5 51

Dreiundvierzigstes Kapitel.

Isis.

Isis (42) wurde am 23. Mai 1856 zu Oxford von Pogson entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	8° 34′ 40″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1387 T.
Mittlere tägliche Bewegung	934″,45
Excentricität der Bahn	0,223
Halbe große Axe	2,434
Periheldistanz	1,891
Apheldistanz	2,977
Mittlere Länge der Epoche (1856. Juli 1.) .	276° 45′ 2″
Länge des Periheliums	317 57 48
Länge des aufsteigenden Knotens	84 27 50

Vierundvierzigstes Kapitel.

Ariadne.

Ariadne (43) wurde am 15. April 1857 in Oxford von Pogson entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 28′ 2″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1191 T.
Mittlere tägliche Bewegung	1088″,07
Excentricität der Bahn	0,157
Halbe große Axe	2,199
Periheldistanz	1,853
Apheldistanz	2,545
Mittlere Länge der Epoche (1857. Mai 18, 5.)	232° 36′ 31″
Länge des Periheliums	277 11 43
Länge des aufsteigenden Knotens	264 44 52

Fünfundvierzigstes Kapitel.

Nysa.

Nysa (44) wurde am 27. Mai 1857 in Paris von Goldschmidt entdeckt; die Elemente sind:

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3° 53′ 26″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1586 T.
Mittlere tägliche Bewegung	810″,15
Excentricität der Bahn	0,453
Halbe große Axe	2,677
Periheldistanz	1,463
Apheldistanz	3,891
Mittlere Länge der Epoche (1857. Juni 15, 5.)	187° 29′ 24″
Länge des Periheliums	118 48 37
Länge des aufsteigenden Knotens	127 6 20

Sechsundvierzigstes Kapitel.

Eugenia.

Eugenia (45) wurde am 27. Juni 1857 in Paris von Goldschmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 34′ 53″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1618 T.
Mittlere tägliche Bewegung	801″,17
Excentricität der Bahn	0,091
Halbe große Axe	2,697
Periheldistanz	2,450
Apheldistanz	2,944
Mittlere Länge der Epoche (1857. Juli 8, 5.)	252° 36′ 9″
Länge des Periheliums	208 16 39
Länge des aufsteigenden Knotens	148 19 38

Siebenundvierzigstes Kapitel.

Hestia.

Hestia (46) wurde am 16. August 1857 in Oxford von Pogson entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	2° 17′ 47″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1407 T.
Mittlere tägliche Bewegung	921″,36
Excentricität der Bahn	0,123
Halbe große Axe	2,457
Periheldistanz	2,156
Apheldistanz	2,758
Mittlere Länge der Epoche (1857. Aug. 16, 5.)	319° 43′ 1″
Länge des Periheliums	344 56 48
Länge des aufsteigenden Knotens	181 31 33

Achtundvierzigstes Kapitel.

Aglaja.

Aglaja (47) wurde am 15. September 1857 in Bilk von Luther entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	5° 5′ 49″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1794 T.
Mittlere tägliche Bewegung	722″,41
Excentricität der Bahn	0,140
Halbe große Axe	2,889
Periheldistanz	2,484
Apheldistanz	3,294
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.)	349°55′ 5″
Länge des Periheliums	306 1 22
Länge des aufsteigenden Knotens	4 24 59

Neunundvierzigstes Kapitel.

Doris.

Doris (48) wurde am 19. September 1857 in Paris von Goldschmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	6° 8′ 55″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	2187 T.
Mittlere tägliche Bewegung	592″,70
Excentricität der Bahn	0,197
Halbe große Axe	3,297
Periheldistanz	2,649
Apheldistanz	3,945
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.) .	6°53′ 59″
Länge des Periheliums	61 13 3
Länge des aufsteigenden Knotens	186 28 26

Funfzigstes Kapitel.

Pales.

Pales (49) wurde ebenfalls am 19. September 1857 in Paris von Goldschmidt entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	3°23′ 18″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1677 T.
Mittlere tägliche Bewegung	772″,75
Excentricität der Bahn	0,088
Halbe große Axe	2,763
Periheldistanz	2,520

Apheldistanz	3,006
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 6.) .	344° 39′ 16″
Länge des Periheliums	320 50 16
Länge des aufsteigenden Knotens	295 28 37

Einundfunfzigstes Kapitel.

Virginia.

Virginia (50) wurde am 4. October 1857 in Washington von Ferguson (und am 19. October von Luther) entdeckt.

Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik	2° 52′ 7″
Dauer der siderischen Umlaufszeit	1596 T.
Mittlere tägliche Bewegung	811″,96
Excentricität der Bahn	0,289
Halbe große Axe	2,673
Periheldistanz	1,900
Apheldistanz	3,446
Mittlere Länge der Epoche (1857. Oct. 21, 375.)	13° 42′ 20″
Länge des Periheliums	6 13 20
Länge des aufsteigenden Knotens	173 51 57

Zweiundfunfzigstes Kapitel.

Vermuthungen über den Ursprung der kleinen Planeten.

Die vorstehenden Angaben über den Schwarm der kleinen, zwischen Mars und Jupiter kreisenden und ihrer Anzahl nach bis heute noch unbestimmten Planeten zeigen, daß das Planetensystem sich seit einiger Zeit fast jedes Jahr um mehrere neue Himmelskörper vermehrt. Die folgende Zusammenstellung läßt die rasche Zunahme in diesen Entdeckungen seit Anfang dieses Jahrhunderts erkennen*):

1801. 1 Planet: Ceres.
1802. 1 Planet: Pallas.

*) Die von Arago bis 1853 aufgestellte Tabelle ist bis zur Zeit des Druckes dieses Bandes fortgeführt. Dasselbe gilt von der folgenden Tabelle.

1804.	1 Planet:	Juno.
1807.	1 Planet:	Vesta.
1845.	1 Planet:	Asträa.
1847.	3 Planeten:	Hebe, Iris, Flora.
1848.	1 Planet:	Metis.
1849.	1 Planet:	Hygiea.
1850.	3 Planeten:	Parthenope, Victoria, Egeria.
1851.	2 Planeten:	Irene, Eunomia.
1852.	8 Planeten:	Psyche, Thetis, Melpomene, Fortuna, Massalia, Lutetia, Calliope, Thalia.
1853.	4 Planeten:	Themis, Phocäa, Proserpina, Euterpe.
1854.	6 Planeten:	Bellona, Amphitrite, Urania, Euphrosyne, Pomona, Polyhymnia.
1855.	4 Planeten:	Circe, Leucothea, Atalante, Fides.
1856.	5 Planeten:	Leda, Lätitia, Harmonia, Daphne, Isis.
1857.	8 Planeten:	Ariadne, Nysa, Eugenia, Hestia, Aglaja, Doris, Pales, Virginia.

Die den verschiedensten Ländern angehörigen Beobachter haben in folgender Weise zu dieser wichtigen Erweiterung in der praktischen Astronomie beigetragen:

Piazzi	hat	entdeckt	1	Planeten	in	Palermo,
Olbers	=	=	2	=	=	Bremen,
Harding	=	=	1	=	=	Lilienthal,
Hencke	=	=	2	=	=	Driesen,
Hind	=	=	10	=	=	London,
Graham	=	=	1	=	=	Makree=Castle,
Gasparis	=	=	7	=	=	Neapel,
Luther	=	=	6	=	=	Bilk,
Goldschmidt	=	=	9	=	=	Paris,
Chacornac	=	=	1	=	=	Marseille,
=	=	=	4	=	=	Paris,
Marth	=	=	1	=	=	London,
Ferguson	=	=	2	=	=	Washington,
Pogson	=	=	3	=	=	Oxford.

Diese große Anzahl von Entdeckungen bekundet den Eifer, die Ausdauer und Geschicklichkeit der Astronomen und die Verbesserung der astronomischen Instrumente. Die äußerst sorgfältige Einrichtung der auf verschiedenen Observatorien angefertigten neuen Sternkarten, in welche selbst die Sterne neunter und zehnter Größe eingetragen sind,

hat das Aufsuchen der kleinen Planeten beträchtlich erleichtert. Wird an einer Stelle des Himmels ein kleiner in diesen Karten noch nicht verzeichneter Stern wahrgenommen, so muß man denselben sorgfältig beobachten und zu bestimmen suchen, ob er in Bezug auf die nächststehenden Fixsterne eine Ortsveränderung zeigt. Ist der Nachweis einer solchen Bewegung gelungen, so hat man einen neuen kleinen Planeten entdeckt; es erübrigt dann nur noch, diese Entdeckung durch spätere Beobachtungen zu bestätigen.

Als Piazzi den Planeten Ceres gefunden hatte, schien es den Astronomen, als ob die schon von Keppler vermuthete, und in der bekannten Zahlenreihe von Titius über die Abstände der Planeten deutlich hervortretende Lücke zwischen Mars und Jupiter ausgefüllt wäre; die Entdeckung der Pallas durch Olbers brachte aber eine nicht erwartete Complication in das Planetensystem, dessen Einfachheit man glaubte festgestellt zu haben. Jener berühmte bremer Astronom kam damals auf die Idee, daß Ceres und Pallas wohl die Bruchstücke eines einzigen durch irgend eine Naturkraft zerstörten Planeten sein könnten. Die aus den Rechnungen von Gauß sich ergebende Thatsache, daß Ceres in ihrem aufsteigenden Laufe durch die Ebene der Pallasbahn diesem Planeten sehr nahe kommt, verlieh jener Hypothese eine gewisse Wahrscheinlichkeit. Olbers wagte selbst daraus den Schluß zu ziehen, daß man zu erwarten hätte, ähnliche Bruchstücke noch ferner in derselben Gegend aufzufinden. Der Punkt, wo die Bahnen sich kreuzen, schien derjenige sein zu müssen, wo ehemals jener eigenthümliche Vorgang eingetreten war. Nun schneiden sich die Bahnen der Ceres und Pallas in einer Linie, die einerseits beim nördlichen Flügel der Jungfrau und andererseits beim Wallfisch endigt; dies würden also die Gegenden sein, wo man die unbekannten Bruchstücke des zerbrochenen Planeten zu erwarten hätte. Allerdings entdeckte im Wallfisch Harding die Juno, und im nördlichen Flügel der Jungfrau Olbers die Vesta; die Vermuthung des geschickten bremer Astronomen schien hierdurch eine neue Stütze gewonnen zu haben. Indeß, obschon einige der kleinen Planeten, wie z. B. Iris (S. 125), nicht rund sind und der Erde in verschiedenen Formen erscheinen, was sie wahren Bruchstücken ähnlich macht, so läßt doch die große Zahl der jetzt bekannten

kleinen Planeten glauben, daß sie andern Ursachen ihre Entstehung verdanken. Die Durchschnitte von je zwei Bahnen der kleinen Planeten entsprechen durchaus nicht alle Olbers' Hypothese; jedenfalls weist aber die Verschlingung dieser Bahnen einen innigen Zusammenhang zwischen mehreren dieser Planeten nach, und sind Erscheinungen vorhanden, die für astronomische Untersuchungen eine interessante Vorlage darbieten. Nach den Bewegungen des Mars und Jupiters zu schließen scheint es nicht, als ob alle kleinen Planeten zusammengenommen eine beträchtliche Masse hätten, indem sonst diese Masse in der Bewegung der beiden genannten Planeten Störungen erzeugen müßte, dergleichen aber von der Beobachtung noch nicht nachgewiesen sind. Indeß ist nach einer 1850 der British association for the advancement of science gemachten Mittheilung bei dem Versuche den zertrümmerten Planeten aus seinen damals bekannten Bruchstücken wiederherzustellen, wie man in der Geologie die vorsündflutlichen Thiere wieder zusammensetzt, Daniel Kirkwood zu dem Resultate gekommen, demselben einen viel größern Durchmesser als dem Mars beizulegen.

Wenn der von Olbers vermuthete Vorfall nicht statt gefunden hat, was mag dann die Ursache ihrer Entstehung sein? Kann nicht ein Komet den großen Planeten zertrümmert und daraus Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Iris und mehrere andere Planeten gebildet haben? Diese Frage wollen wir näherer Prüfung unterziehn.

Unter den Bahnen der kleinen Planeten sind die der Ceres und Pallas einander fast genau gleich. Die Bahn der Juno und besonders der Vesta haben merklich kleinere Dimensionen. Dreht man die sehr verschiedenen Bahnen dieser vier Planeten um angemessene Größen, ohne indeß ihre respectiven Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik zu ändern; mit andern Worten, ändert man nur die Richtungen der Knotenlinien: so findet man Lagen, in denen jene vier krummen Linien so zu sagen ineinander gehenkelt sind. Alles ließ also Olbers vermuthen, daß die vier kleinen Planeten ehemals bei jedem ihrer Umläufe durch einen und denselben Punkt des Raumes gegangen seien.

Dieser Umstand würde jedenfalls sehr außergewöhnlich sein, wenn Ceres, Pallas, Juno, Vesta nebst den übrigen kleinen Planeten, welche derselben Bedingung genügen, immer von einander unabhängige Kör-

per gewesen wären; er wird dagegen sich ganz einfach erklären, aus dem Gange der Dinge selbst folgen, wenn man die kleinen Planeten als Bruchstücke eines viel größern Planeten betrachtet, den ein einziger Stoß in eine gewisse Zahl von Trümmern verwandelt hat.

In der That verfolgt ein eigentlicher Planet, abgesehen von den unter dem Namen der Störungen bekannten Abweichungen, beständig denselben Weg, und bei jedem seiner Umläufe geht er durch dieselbe Reihe von Punkten. Im Augenblicke nun, wo nach der angenommenen Hypothese der große Planet zerbrach, wurde jedes seiner Bruchstücke in vollster Bedeutung des Wortes ein wirklicher Planet, und begann die Curve zu beschreiben, in welcher er seine eigene Bewegung für alle Zukunft auszuführen hatte. Einige Differenzen in der Stärke und Richtung der Kräfte, welche die verschiedenen Trümmer fortschleuderten, führten merkliche Verschiedenheiten in Gestalten und Lagen der Bahnen herbei; alle diese Ellipsen mußten aber einen Punkt gemein haben, nämlich denjenigen, wo die verschiedenen Trümmer sich trennten, um gesondert ihre Bahnen zurückzulegen. Der gemeinschaftliche Punkt, welchen die Bahnen der kleinen Planeten ehedem gehabt zu haben scheinen, weist also mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß einst diese Himmelskörper vereinigt waren und nur einen einzigen Planeten bildeten.

Diese Theorie über den gemeinschaftlichen Ursprung einer gewissen Zahl von teleskopischen Planeten hat fast allgemeine Beistimmung gefunden. Man mußte nun nach der Ursache forschen, welche das Zerspringen des großen Planeten herbeigeführt hat. Die Einen glaubten in Rücksicht auf jene mächtigen unterirdischen Kraftäußerungen, welche das Auswerfen von Lava, Steinen und Aschenregen zum gewöhnlichen Erfolge haben, daß, wofern nicht die Krater der Vulkane wie eine Art von Sicherheitsventilen einen theilweisen Ausweg gestatteten, und die Oberfläche der Erde nicht irgend eine Spalte darböte, ihre feste Rinde auf die Länge der immer wachsenden Kraft, welche die chemischen Prozesse in ihrem Innern entwickeln, nicht widerstehen könnte, und eine furchtbare Explosion die Folge sein würde. Auf diese Weise ist nach ihrer Ansicht der große Planet zersprungen, dessen Bruchstücke wir in der Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Iris u. s. w. erblicken.

Andere dagegen weisen jede Vergleichung zwischen Planeten und den leider zu oft Explosionen unterworfenen Kesseln unserer Dampfmaschinen zurück. Ihrer Meinung zufolge kann eine feste Planetenkugel nur durch einen sehr heftigen Stoß zertrümmert werden; und ein Jeder erräth sogleich, daß dann die Kometen die stoßenden Körper sein werden.

Es scheint schwierig, in der Gestalt und dem Aussehen der kleinen Planeten einwurfsfreie Gründe für die Annahme der einen jener beiden Hypothesen mit Ausschluß der andern aufzufinden. Ich muß indeß hier gewisse eigenthümliche Betrachtungen anschließen, auf welche sich die Anhänger des Stoßes der Kometen stützen.

Die neuen Planeten sind sehr klein. Nach den früher angeführten Messungen würden die Oberflächen der Ceres, Pallas, Juno und Vesta kaum die einiger Inseln auf unserer Erde übertreffen.

Auf den großen Planeten, wie Mars, Jupiter und Saturn, bemerkt man Spuren einer Atmosphäre; es sind aber blos Spuren, die nur mittelst der feinsten Beobachtungen nachgewiesen werden können; auf den teleskopischen Planeten scheinen sich dagegen die atmosphärischen Phänomene in großem Maaßstabe zu entwickeln.

Nach Schröter's Messungen würde die Atmosphäre der Ceres eine Höhe von nicht weniger als 138 Meilen haben; die der kleineren Pallas würde sich doch noch bis zu 96 Meilen erheben. Bis dahin hatten sich nur die Kometen mit so ausgedehnten Gashüllen gezeigt. Man hat daher, ist gesagt worden, nur die Annahme zu machen, daß der ehemalige große zwischen Mars und Jupiter befindlich gewesene Planet durch einen Kometen zertrümmert worden ist, und Alles findet seine Erklärung; denn die Kometenatmosphäre, die Nebelhülle, die wir Schweif nennen, kann durch den Stoß nicht vernichtet werden, sie wird sich unter die verschiedenen Bruchstücke vertheilen und um jedes derselben eine außerordentlich große Atmosphäre bilden. Diese Theorie ist scharfsinnig; unglücklicherweise tritt ihr aber ein Hauptfactum entgegen: Vesta hat bis jetzt noch nicht mit Bestimmtheit Spuren einer Atmosphäre dargeboten. Was ist der Grund, der diesen Planeten gänzlich des Antheils beraubt haben könnte, der ihm bei der Theilung der Kometenatmosphäre hätte zufallen sollen?

Sechsundzwanzigstes Buch.

Kosmische Meteore.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Die kleinen Planeten, von denen das vorhergehende Buch handelt, weichen in Bezug auf ihre Dimensionen gar sehr von den übrigen großen Körpern des Sonnensystems ab, indem einige selbst eine geringere Ausdehnung haben, als manches der kleinen Königreiche Europa's. Der von mehreren Astronomen und Physikern ausgesprochenen Ansicht, daß in den planetarischen Räumen Himmelskörper von noch viel geringeren Dimensionen existiren, steht daher Nichts entgegen. Auch sind in den letzten Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit mit den allgemeinen Gesetzen des Weltsystems gewisse Meteore in Beziehung gebracht worden, welche bereits das Alterthum viel beschäftigt haben, und die man vergeblich theils durch eine Wirkung des Blitzes, theils durch Condensationen von metallischen bis in die höchsten Schichten unserer Atmosphäre aufgestiegenen Dämpfen, theils durch Streifen entzündeten Wasserstoffs zu erklären versucht hat. Die Meteorsteine oder Aerolithen, welche auf die Oberfläche der Erde fallen, die Feuerkugeln, welche einen merklichen Durchmesser zeigen, plötzlich erscheinen und verschwinden, die Sternschnuppen, die einen feurigen Streifen ohne Breite am Sternhimmel bilden, sind Nichts weiter als im Raume umherirrende Körper, denen unsere Erde auf ihrer jährlichen Bahn um die Sonne begegnet.

Zweites Kapitel.

Meteorsteine.

Von allen kosmischen Meteoren ereignet sich das Herabfallen von Steinen auf die Oberfläche unserer Erde am seltensten. Zwar finden sich schon bei den Geschichtsschreibern des Alterthums mehr oder weniger bestimmte Erzählungen solcher Begebenheiten; indeß hat man lange Zeit geläugnet, daß wirklich Steine vom Himmel fallen könnten, und erst Chladni's anhaltende Nachforschungen haben durch zahlreiche Fälle das Vorhandensein kleiner Massen, die bei ihrem Umherirren in den planetarischen Räumen zu wiederholten Malen der Erde begegnet sind, unbestreitbar nachgewiesen.

§ 1. Chemische Zusammensetzung der Meteorsteine.

Die chemische Analyse hat durch die Darlegung ihrer Zusammensetzung ein neues Licht auf die Geschichte der Meteorsteine geworfen. Es ist bemerkenswerth, daß Howard, Klaproth, Thenard, Vauquelin, Proust, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufrénoy, Gustav und Heinrich Rose, Boussingault, Berthier, Cordier, Barthold, Rammelsberg und Shepard bei ihren aufeinanderfolgenden Analysen in den Meteorsteinen blos solche Substanzen gefunden haben, die wir auch an der Oberfläche der Erde kennen. Nach Rammelsberg sind, wie mein berühmter Freund A. v. Humboldt in seinem Kosmos anführt, die einfachen, bis jetzt in den Meteorsteinen aufgefundenen Stoffe folgende: „Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Kiesel, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Kupfer, Zinn und Titan, also 18 Stoffe. Die näheren Bestandtheile sind: a) metallische: Nickeleisen, eine Verbindung von Phosphor mit Eisen und Nickel, Eisen-Sulphuret und Magnetkies; b) oxydirte: Magneteisen und Chromeisen; c) Silicate: Olivin, Anorthit, Labrador und Augit."

Von den in den Meteorsteinen aufgefundenen Metallen hat Howard das Nickel, Stromeyer das Kobalt, Laugier das Kupfer und Chrom, und Berzelius das Zinn entdeckt.

Man sieht, daß die Meteorsteine aus äußerst mannichfachen Sub-

stanzen gebildet sind. Selbst wenn man ihrem Ansehen nach dieselben für Eisenmassen halten muß, bestehen sie doch nicht aus diesem Stoffe allein, sondern besitzen eine im Allgemeinen sehr complicirte Zusammensetzung.

Chladni, Bigot de Morogues, von Hoff, Kämtz, Quetelet und einige Andere haben Verzeichnisse der seit den historischen Zeiten bekannten Steinfälle aufgestellt [1]).

Ich habe Herrn Barral beauftragt, diese Verzeichnisse soviel als möglich zu vervollständigen. Ein Fragezeichen (?) zeigt die Fälle an, welche man nicht als vollkommen sicher betrachten darf. Wir unterscheiden erstens das Herabfallen von Steinen, das vor Zeugen eingetreten ist (eigentliche Meteorsteine), zweitens das Niederfallen von Massen, die ihrem Ansehn nach als vom Himmel herabgefallen betrachtet werden müssen, und drittens endlich Staubfälle.

§ 2. Niederfälle von Meteorsteinen vor dem Anfange unserer Zeitrechnung.

?1478 vor unserer Zeitrechnung: der Donnerstein, von welchem Malchus redet, wahrscheinlich als Symbol der Cybele betrachtet. (Parische Marmorchronik Zeile 18 und 19.)

Der Steinregen, welchen Josua erwähnt, war vielleicht nur Hagel.

1460. „Gott sandte große Steine vom Himmel." (Conrad Lycosthenes, Prodigiorum ac ostentorum chronicon, Basil. 1557.)

1200. Zu Orchomenos aufbewahrte Steine (Pausanias IX, 38).

?1168. Eisenmasse auf dem Berge Ida in Kreta. (Parische Marmorchronik Z. 22.)

?705 oder 704. Das Ancyle, wahrscheinlich eine Eisenmasse, wie die vom Vorgebirge der guten Hoffnung und von Agram. (Plutarch, Numa 13.)

654. Steinregen auf dem Albanischen Berge. (Livius I. 30.)

644 (im Frühjahr). Fünf Steine in China in der Provinz Song. (De Guignes.)

465. Fall eines großen Steines bei Aegospotamos in Thracien (Plutarch im Leben des Lysander 22 und 23; Plin. hist. nat.

II, 58, und Andere). Ein Stein unweit Theben (Scholiast zu Pindar. Pyth. Od. 3, 137).

459. Es regnet Steine in Picenum (Mark von Ancona). (Lycosthenes.)

403. Steinfall als eine Vorbedeutung betrachtet. (Lycosthenes.)

343. Steinregen in Rom. (Julius Obsequens.)

211. Fall eines Steines in China. (De Guignes, und Histoire générale de la Chine, II. 402.)

Von 206 bis 205 sind feurige Steine herabgefallen. (Plutarch im Fab. Max. 2.)

200. Es regnet Steine. (Lycosthenes.)

192. Ein Stein in China. (De Guignes.)

176. Ein Stein in den See des Mars gefallen. (Livius 41, 3.)

90 oder 89. Lateribus coctis pluit. (Plin. hist. nat. II, 57, und Julius Obsequens c. 114.)

89. Zwei Steine zu Yong in China. (De Guignes.)

54 (56 od. 52?). Schwammiges Eisen in Lucanien. (Plin. II, 57.)

?46. Steine zu Acilla in Afrika. (Caes. bell. Afr. II, 57.)

38, 29, 22 im Frühjahr, 19, 12, 9, 6. Steinfälle in China. (De Guignes.)

§ 3. Meteorsteine, bei denen die Zeit des Falles sich nicht bestimmen läßt.

Das Bild der Göttermutter, herabgefallen in Pessinus.

Der Elagabal zu Emisa in Syrien.

Der zu Abydos in Kleinasien aufbewahrte Stein und der bei Cassandria in Macedonien gefallene. (Plin. II, 58.)

Der schwarze Stein und noch ein anderer in der Caaba zu Mekka.

Der in dem Krönungsstuhle der Könige von England aufbewahrte Stein ist kein Meteorstein, wie man geglaubt hat.

§ 4. Niederfälle von Meteorsteinen nach dem Anfange unserer Zeitrechnung.

In den Jahren 2, 106, 164, 310 und 333 fielen Steine in China. (Abel Rémusat, Journ. de phys. Mai 1819.)

Der angeblich 416 zu Constantinopel vom Himmel gefallene Stein, den Sethus Calvisius in seinem Op. Chronolog. erwähnt, war nur ein von der Säule Constantins herabgefallener Stein, der durch seinen Fall das Piedestal beschädigt hatte.

..... Ein Stein in Vocontiorum agro. (Plin. II, 58.)

452. Drei große Steine in Thracien. (Cedrenus und Ammianus Marcellinus.)

6. Jahrhundert. Steine auf dem Berge Libanus und zu Emessa in Syrien. (Damascius.)

?570 ungefähr. Steine bei Beder in Arabien. (Koran 8, 16; 105, 3 und 4, und die Commentatoren.)

616. Steine in China. (Abel Rémusat.)

?648. Glühender Stein zu Constantinopel. (Einige Chroniken.)

823. Fall von Steinen zu Frihsazi in Sachsen. (Annales Fuldenses.)

?837. Man versichert, daß große Steine gemengt mit Hagel vom Himmel gefallen sind. (Lycosthenes.)

?839. Steine in Japan. (Abel Rémusat.)

852 im Juli oder August. Ein in Tabaristan gefallener Stein. (De Sacy; Quatremère; Gilb. Ann. 50, 293.)

856 im December. Fünf Steine in Egypten. (Ebendaselbst.)

885. Steine in Japan. (Abel Rémusat.)

897. Im Dorfe Ahmed-Abad unweit der Stadt Kufah Fall von Steinen (Quatremère); nach Chron. syriac. soll er sich 892 ereignet haben.

921. Große Steine zu Narni. (Handschriftliche Chronik in der Fürstl. Chigi'schen Bibliothek zu Rom vom Mönch Benedictus de St. Andrea.)

951. Ein Stein bei Augsburg. (Chronik von Albertus Abb. Stadensis und Andern.)

956. „Ein Stein von außerordentlicher Größe wurde vom Himmel auf die Erde geworfen." (Lycosthenes.)

963. Auch in diesen Gegenden (Italiens) fiel ein großer Stein vom Himmel." (Derselbe.)

965 bis 971 unter Papst Johann XIII. fiel ein Stein in Italien. (Platina.)

998. Steine bei Magdeburg. (Comas und Spangenberg.)

1009 oder bald nachher. Eisenmasse in Dschordschan. (Avicenna.)

1021 zwischen 24. Juli und 21. August. Steine in Afrika. (De Sacy.)

?1057. „Steine von einer erstaunlichen Größe fielen mit dem Hagel.“ (Dom Bouquet, XI, 22.)

1057. Ein Stein in Corea. (Abel Rémusat.)

1093, 4. April. „Man sah beim Anbruch der Morgenröthe eine große Zahl Sterne vom Himmel auf die Erde fallen, und ein sehr großer von ihnen wurde sogar auf dem Erdboden gefunden.“ (Chasles.)

1112. Steine oder Eisen bei Aquileja. (Valvasor.)

1135 oder 1136. Ein Stein bei Oldisleben in Thüringen. (Spangenberg, Mansfeldische Chronik.)

1164. Am Pfingstfeste ist Eisen im Meißnischen niedergefallen. (Georg. Fabricius.)

1186, 8. Juli. Steinfall in Mons. (Quetelet.)

?1194. Steine fielen mit dem Regen vom Himmel (Lycosth.); und ebenso ?1197.

1198, 8. Juni. Steinfall in der Umgegend von Chelles bei Paris. (Sauval.)

1198. Um das Johannisfest (24. Juni) fielen Steine von erstaunlicher Größe vom Himmel. (Lycosth.)

1198, Juli. Man sah Steine vom Himmel fallen, von der Größe wie große Nüsse, an gewissen Orten wie Eier und, wie versichert wird, selbst noch größer. (Recueil des Historiens des Gaules.)

1249, 26. Juli. Steine bei Quedlinburg, Ballenstedt und Blankenburg. (Spangenberg, Mansfeld. Chron., und Rivander, thüringische Chronik.)

?13. Jahrhundert. Ein Stein in Würzburg. (G. Schott.)

Zwischen 1251 und 1363. Steine bei Welikoi-Ustiug in Rußland. (Gilb. Ann. 31.)

? 1280. Stein bei Alexandria in Egypten. (De Sacy.)

1300 ungefähr. Große Steine in Aragonien, nach einer handschriftlichen Chronik im pesther Nationalmuseum, welche die Fortsetzung des Martinus Polonus bildet.

1304, 1. October. Fall von glühenden Steinen oder Eisenmassen nach Kranz (Saxonia) in der Mark Brandenburg bei der Stadt Bredeland, oder nach Spangenberg bei Friedeburg an der Saale.

1328, 9. Jan. Steinfall in Mortahiah und Dakhaliah. (Quatremère.)

1358. Ein Stein in China. (Eduard Biot.)

? 1368. Eine Eisenmasse im Oldenburgischen. (Siebrand Meyer, Rustringische Merkwürdigkeiten.)

1379, 26. Mai. Steinfall bei Minden in Hannover. (Lerbecii Chronic. episc. Hildesh.)

1421. Fall eines Steines auf der Insel Java. (Thomas Stamford Raffles, History of Java, II, 137.)

1438. Schwammige Steine zu Roa unweit Burgos in Spanien. (Proust.)

1474. Zwei große Steine bei Viterbo. (Bibliotheca ital. 19, 461.)

1491, 22. März. Stein bei Rivolti de' Bassi, nicht weit von Crema. (Simoneta.)

1492, 7. Nov. fiel ein 270 Pfund schwerer Stein bei Ensisheim im Ober-Elsaß. (Gilb. Ann. 18, 280.)

1496, 26. oder 28. Januar. Steine zwischen Cesena und Bertinoro, ingleichen zu Vadinoe in der Gegend von Forli. (Marc. Antonius Sabellicus und Buriel.)

? In demselben Jahrhundert. Ein Stein bei Luzern. (Cysat.)

1511, um die Mitte des September. Großer Steinfall bei Crema nicht weit vom Flusse Adda. (Giovanni Andrea del Prato, Istor. di Milano.)

1516. In China sechs Steine. (Abel Rémusat.)

1520, im Mai. Steine in Aragon. (Diego de Sayas, Anales de Aragon.)

? 1528. Große Steine bei Augsburg. (Dresser, Chron. Sax.)

? 1540, 28. April. Steine im Limousin. (Bonaventure de St. Aimable, Annal. du Limousin.)

1540, 14. Juni. Vier Steine in China. (Ed. Biot.)

Zwischen 1540 bis 1550. Große Eisenmasse im Walde bei Naunhof zwischen Leipzig und Grimma. (Albini, Meißnische Bergchronik.) — Um dieselbe Zeit ist Eisen in Piemont niedergefallen. (Mercati und Scaliger.)

1552, 19. Mai. Viele Steine in der Gegend von Schleusingen. (Spangenberg.)

1559. Fünf große Steine zu Miscolz in Ungarn. (Isthuanfii Hist. Hung.)

1561, 17. Mai. Bei Torgau (C. Geßner, de fossilibus) und bei Eilenburg (de Boot, gemmarum et lapidum historia).

1564, 1. März. Steinregen zwischen Mecheln und Brüssel. (Gilb. Ann. 22.)

1565, 3. Juli. Schwarze Steine in China. (Ed. Biot.)

1580, 27. Mai. Steinfall in Nörten bei Göttingen. (Bangen's thüringische Chronik.)

1581, 26. Juli. Ein Stein zu Niederreißen bei Buttelstädt. (Binhard, thüringische Chronik.)

1583, 9. Januar. Ein großer Stein bei Castrovillari in Abruzzo. (Tomaso Costo, Istoria di Napoli; Mercati, metallotheca Vaticana, und Imperati, de fossilibus.)

1583, 2. März. Stein in Piemont. (Mercati.)

1585. Fall von Steinen in Italien. (Imperati.)

1591, 9. Juni. Fall von großen Steinen bei Kunersdorf. (Angelus.)

1596, 1. März. Steine bei Crevalcore im Bezirke von Ferrara. (Mittarelli, Bibliotheca cod. manusc. monast. St. Michael.)

Vor 1603. Ein Stein im Königreich Valencia. (Cäsius und die Jesuiten in Coimbra.)

1618, in der zweiten Hälfte des August. Großer Steinfall in Steyermark. (v. Hammer, Fundgruben des Orients.)

1618, 12. November. Ein Stein in China. (Ed. Biot.)

1618. Eine metallische Masse in Böhmen. (Marcus Marci a Kronland, philosophia velus restituta.)

1621, 17. April. Eisenmasse bei Lahore. (Gilb. Ann. 18.)

1622, 10. Januar. Stein unweit Tregnie in Devonshire. (Rumph, Amboinsche Rariteytkammer.)

1628, 9. April. Stein bei Hatford in Berkshire. (Gentl. Magaz. von 1796.)

1634, 27. October. Steine in der Grafschaft Charollois im Herzogthum Burgund. (Morinus, diss. de atomis et vacuo.)

1635, 21. Juni. Zu Vago in Italien. (Francesco Carli.)

?1635, 7. Juli. Stein zu Calce im Vicentinischen. (Valisnieri, Opere II, 64.)

1636, 6. März. Ein Stein zwischen Sagan und dem Dorfe Dubrow in Schlesien. (Lucas, schles. Chron., und Cluverii Geogr.)

1637, 27. November. Ein Stein auf dem Berge Vaisien in der Provence. (Gassendi; mit Unrecht verlegen einige Schriftsteller die Begebenheit auf 1627.)

1642, 4. August. Ein Stein zwischen Woodbridge und Alborow in Suffolk. (Gentl. Magaz. von 1796.)

?1643 oder 1644. Steinfall auf dem ostindischen Meere. (Wurfbain in der Beschreibung seiner Reise nach Indien.)

1647, 18. Februar. Ein Stein im Dorfe Pölau bei Zwickau. (Schmid, zwickauer Chronik.)

1647, im August. Steinfall bei Stolzenau in Westphalen. (Gilb. Ann. 29.)

Zwischen 1647 und 1654. Eine auf offenem Meere herabfallende Eisenmasse tödtet zwei Menschen. (Wilmann.)

1650, 6. August. Ein Stein zu Dordrecht. (Senguerd.)

1654, 30. März. Viele Steine auf der Insel Fünen. (Thomas Bartholinus.)

. . . . Zu Warschau ein großer Stein. (Pet. Borellus.)

. . . . Zu Mailand fiel ein kleiner Stein in das Kloster Sta. Maria della Pace und tödtete einen Franziskaner. (Museum Septalianum.)

?1667. Steine zu Schiras in Persien.

1668, 19. oder 21. Juni. Großer Steinfall im Veronesischen. (Valisnieri, Montanari, Fr. Carli.)

1671, 27. Februar. Steine in der Ortenau in Schwaben. (Gilb. Ann. 33.)

1674, 6. October. Zwei große Steine im Canton Glarus. (Scheuchzer.)

? Zwischen 1675 und 1677. Stein bei Copinsha, einer der orkadischen Inseln. (Wallace, account of the Island of Orkney.)

1677, 28. Mai. Steine bei Ermendorf unweit Großenhayn in Sachsen, die wahrscheinlich kupferhaltig gewesen sind. (Miscell. Nat. Curios. anno 1677.)

1680, 18. Mai. Steine bei dem Gresham Collegium in London. (King.)

?1690, 2. Januar. Steinfall in Jena.

1697, 13. Januar. Steinfall bei Siena. (Soldani in Atti dell' Acad. di Siena nach Gabrieli.)

1698, 19. Mai. Ein Stein in der Gemeinde Waltring im Canton Bern. (Scheuchzer, Naturgeschichte der Schweiz.)

1704, 25. December. Steinfall bei Barcelona. (Anales de Cataluna 1709.)

1706, 7. Juni. Steine bei Larissa in Griechenland. (Paul Lucas.)

1715, 11. April. Stein bei Gartz oder Stargardt in Pommern. (Gilb. Ann. 71.)

1722, 5. Juni. Steine bei dem Kloster Schefftlar im Freisingischen. (Meichelbeck, hist. Frisingens.)

1723, 22. Juni. Fall von 33 Steinen in der Gegend von Pleskowitz in Böhmen; bei Liboschitz fielen 25. (Stepling, de pluvia lapidea.)

Das angebliche Herabfallen von Metall im Jahre 1731 (Mém. de l'Acad. des Sc.) zu Lessay in der Normandie war nur eine elektrische Phosphorescenz von Regentropfen, denn Dom Halley sagt nicht: Es fielen Tropfen von geschmolzenen und glühenden Metallen, sondern es fiel wie Tropfen u. s. w.

1731, 12. März. Fall eines großen Steines zu Halstead in der Grafschaft Essex in England. (Kämtz.)

1738, 18. October. Steinregen in der Grafschaft Avignon, bei Carpentras. (Castillon, des dernières révol. du Globe.)

1740, 25. October. Steine zu Rasgrad in der Türkei. (Gilb. Ann. 50.)

? 1740 oder 1741 im Winter. Sehr großer Stein in Grönland. (Egede, Nachrichten v. Grönl.)

? 1743. Steine bei Lowositz oder Liboschitz in Böhmen. (Stepling.) Vielleicht dieselben, die im Jahre 1723 erwähnt sind.

1750, 1. October. Stein zu Nicorps bei Coutances in der Normandie. (Huard, Mercure de France, Jan. 1751.)

1751, 26. Mai. Zwei Eisenmassen bei Hradschina im agramer Comitate in Croatien. (Klaproth, Beiträge.)

1753, 3. Juli. Steinfall bei den Dörfern Strkow, Plan in der Gegend von Tabor in Böhmen. (Stepling und Mayer.)

1753, im September. Zwei Steine bei Laponas, nicht weit von Pont de Vesle (Departement Ain). (Gilb. Ann. 13.)

1755, im Juli. Stein bei Terranova in Italien. (Gilb. Ann. 6.)

? 1759, 13. Juni. Fall eines Steines zu Captieur, in der Nähe von Bazas (Dep. Gironde.)

1766, im Juli. Stein bei Alboreto, nicht weit von Modena. (Troili, Ragionamento delle caduto di un sasso, Modena 1766.)

? 1766, 15. August. Stein zu Novellara. (Troili.) Vielleicht ein durch den Blitz geschmolzener Stein.

1768, 13. September. Ein Meteorstein bei Lucé (Dep. Sarthe.) (Mém. de l'Acad. des Sc. 1769.)

1768. Ein Stein bei Aire (Dep. Pas de Calais). (Ebenda.)

1768, 20. November. Stein bei Maurkirchen im Innviertel. (Gilb. Ann. 15.)

1773, 17. November. Stein bei Sana in Aragonien. (Proust, Journ. de phys.)

1775, 19. September. Stein bei Rodach, im Herzogthum Coburg. (Gilb. Ann. 23.)

1775 oder 1776. Steine bei Obruteza in Volhynien. (Gilb. Ann. 31.)

1776 oder 1777, im Januar oder Februar. Steinfall bei Fabriano, im ehemaligen Herzogthume Camerino. (Soldani, und Amoretti, Opusc. scelt.)

1779. Steinfall bei Pettiswood in der Grafschaft Westmeath in Irland. (Gentl. Magaz. von 1796.)

1780, 11. April. Steinfall bei Beeston in England. (Lloyd's Evening Post.)

1780 ungefähr. Eisenmassen in dem Territorium von Kinsdale, zwischen West River Mountain und Connecticut. (Quarterly Review. 1824.)

1782. Stein bei Turin. (Tata und Amoretti.)

1785, 19. Februar. Steine im Eichstädtischen. (Pickel in Moll's Annalen III. und Stütz, Bergbaukunde II.)

1787, 1. October. Steine im Gouvernement Charkow. (Gilb. Ann. 31.)

1788, 13. Juli. Mehrere Steine in Frankreich. (King, Remarks conc. stones etc., 1796.)

1790, 24. Juli. Großer Steinfall bei Barbotan, Créon, Juillac, zwischen Roquefort im Dep. des Landes, Mezin im Dep. des Lot und Garonne, und Eause im Dep. du Gers. (Gilb. Ann. 13.)

1791, 17. Mai. Steine bei Castel-Berardenga in Toscana. (Soldani.)

1791, 20. October. Steine bei Menabilly in Cornwallis. (King.)

1794, 16. Juni. Steinfall in der Umgegend von Siena (Toscana). (Soldani, Tata.)

1795, 13. April. Steinfall auf Ceylon. (Le Beck im 29. Hefte des Naturforschers.)

1795, 13. December. Großer Stein bei Woldcottage in Yorkshire. (Analyse von Howard.)

1796, 4. Januar. Steinfall bei Belaja-Zerkwa (Weißkirchen) im südlichen Rußland. (Gilb. Ann. 35.)

1796, 19. Februar. Stein in Portugal. (Southey.)

1798, 8. oder 12. März. Stein bei Sales, unweit Villefranche (Dep. Rhone). (De Drée, Bibl. Brit.)

1798. 13. December. Steine in Bengalen bei Krakhut nicht weit von Benares. (Howard, Lord Valentia.)

1800, 1. April. Steinfall bei Bumstead in Esser. (Kämtz.)

1801. Steinfall auf der Ile des Tonneliers (neben Ile de France). (Bory de St. Vincent, Voyage etc.)

1802, im September. Steine in Schottland am Loch Tay. (Monthly magaz. 1802.)

1803, 26. April. Steine in der Umgegend von Aigle (Dep. Orne). (Biot.)

1803, 4. Juli. Steinfall zu East-Norton in England. (Philos. mag. und Bibl. Brit.)

1803, 8. October. Ein Stein bei Saurette nicht weit von Apt (Dep. Vaucluse.) (Laugier.)

1803, 13. December. Ein Stein beim Marktflecken Mässing im Landgerichte Eggenfelde in Baiern. (Imhof.)

1804, 5. April. Ein Stein bei Glasgow in Schottland. (Phil. Mag. und Bibl. Brit.)

Zwischen 1804 und 1807. Zu Dordrecht. (Van Beek Calkoen.)

1805, 25. März. Steine bei Doroninsk im Gouvernement Irkutsk. (Gilb. Ann. 29 und 31.)

1805 im Juni. Fall von Steinen zu Constantinopel. (Hair Kugas Indschidschan.)

1806, 15. März. Fall zweier Meteorsteine, der eine bei St. Etienne de Lolm, der andere bei Valence, zweien Dörfern in der Nähe von Alais (Dep. Gard). (Pagès und d'Hombre Firmas, Annal. de phys.)

1806. 17. Mai. Stein bei Basingstoke in Hampshire. (Monthl. magaz.)

1807, 13. März. Stein bei Timochin im Gouvernement Smolensk. (Gilb. Ann. 26 und 29.)

1807, 14. Dec. Steine bei Weston in Connecticut. (Silliman.)

1808, 19. April. Steinfall im Bezirke von Borgo San Donino im Parmesanischen. (Guidotti und Sgagnoni.)

1808, 22. Mai. Steinfall bei Stannern in Mähren. (v. Schreibers, Gilb. Ann. 29.)

1808, 3. September. Steinfall bei Lissa in Böhmen im bunzlauer Kreise. (v. Schreibers.)

?1809, 17. Juni. Steinfall auf dem Meere, nahe bei Nordamerika. (Medical Reposit. und Bibl. Brit.)

1810, 30. Januar. Steine zu Caswell in Nordamerika. (Phil. Mag. und Med. Reposit.)

1810, in der Nacht vom 20. zum 21. April. Fall einer ungeheuren Masse Meteoreisen bei Santa Rosa (Neu-Granada). (Boussingault.)

1810, um Mitte Juli. Stein nicht weit von Shabad in Ostindien; das Meteor richtete viel Schaden an. (Phil. Mag. 37.)

1810 im August. Ein Stein bei Mooresfort in der Grafschaft Tipperary in Irland. (Will. Higgins, Analysis of the meteor. stone etc.)

1810, 23. November. Steine bei Charsonville bei Orleans. (Bigot de Morogues.)

1811, 13. März. Ein Stein im Gouvernement Poltawa in Rußland. (Gilb. Ann. 38.)

1811, 8. Juli. Steine bei Berlanguillas unweit Burgos in Spanien. (General Dorsenne, Gilb. Ann. 40.)

1812, 10. April. Viele Steine bei Toulouse. (De Puymaurin, Gilb. Ann. 41.)

1812, 15. April. Stein bei Erxleben zwischen Magdeburg und Helmstädt. (Gilb. Ann. 40.)

1812, 5. August. Großer Stein bei Chantonay (Vendée). (Brochant.)

1813, 14. März. Steine bei Cutro in Calabrien, während in mehreren Gegenden Italiens sich rother Staub mit oder ohne Regen oder Schnee niederschlug. (De Pourtalez, Bibl. Brit.)

?1813 im Sommer. Viele Steine bei Malpas, nicht weit von Chester. (Thomson, Ann. of Phil. 1813.) Diese Nachricht ist nicht ganz zuverlässig, da sie anonym ist und sonst von den englischen Physikern Nichts weiter darüber bekannt gemacht worden.

1813, 10. September. Steine bei Limerik in Irland. (Phil. Mag. und Gentl. Mag.)

1813, 13. December nach Nordenskiold (Ann. de Chim. 25), oder 1814 im März nach einem an die petersburger Akademie gelangten Berichte. Steine in der Umgegend von Lontalar und Sawitaipal, nicht weit von Wiborg in Finland; sie enthalten kein Nickel.

.... Murray erwähnt in dem Phil. Mag. 1819 eines bei Pulrose auf der Insel Man gefallenen Steines, jedoch ohne genaue Zeitangabe. Er sagt, die Thatsache sei gewiß, und der Stein äußerst leicht und von schlackenartigem Gefüge, in welcher Hinsicht er ihn mit den 1438 in Spanien gefallenen Meteorsteinen vergleicht.

1814, 3. Februar. Stein im Districte von Bachmut im Ekatarinoslaw'schen Gouvernement. (Gilb. Ann. 50.)

1814, 5. September. Viele Steine bei Agen (Dep. Lot-et-Garonne). (Ann. de Chim. 92.)

1814, 5. November. Steinfall in Doab in Ostindien. (Phil. Mag., Bibl. Brit., Journ. of sciences.)

1815, 18. Februar. Stein beim Dorfe Duralla in Ostindien. (Phil. Mag. 1820.)

1815, 3. October. Meteorstein bei Chassigny (südostwärts von Langres in Champagne). (Ann. de Chim. 1816.)

1816. Stein zu Glastonbury in Sommersetshire. (Phil. Mag. 1816.)

1816. Meteorstein zu Confolens (Dep. Aude). (Franc. pittor., I.)

?1817 in der Nacht zwischen 2. und 3. März. Zu Gothenburg und Odensen in Fünen sah man eine Art Feuerregen im SO. schnell herabstürzen; allem Ansehn nach müssen Meteorsteine in die Ostsee gefallen sein.

?1818, 15. Febr. Ein großer Stein scheint in Limoges in einem südlich von der Stadt gelegenen Garten gefallen zu sein. Nach der Explosion einer großen Feuerkugel schlug eine herabfallende Masse in die Erde eine Vertiefung von der Größe eines beträchtlichen Fasses. (Gazette de France und Journal du Commerce, 25. Februar 1818.)

Man hätte sollen (und es wäre noch an der Zeit) die Masse ausgraben.

1818, 30. März. Ein Stein bei Zaborzyca in Volhynien, den Laugier analysirt hat. (Bullet. de la Soc. philom. 1823.)

1818, 10. August. Ein Stein im Dorfe Slobodka im Gouvernement Smolensk. (Nach mehreren Zeitungen.)

1818, 6. September. Meteorstein im Kirchspiel Kilkel. (Kämtz.)

1819, 13. Juni. Steine bei Jonzac (Dep. der untern Charente); nicht nickelhaltig. (Gilb. Ann. 68.)

1819, 13. October. Meteorstein bei Politz nicht weit von Gera oder Köstritz. (Gilb. Ann. 63.)

1820, in der Nacht vom 21. zum 22. Mai. Steinfall zu Oedenburg in Ungarn. (Hesperus Bd. 27.)

1820, 12. Juli. Steinfall in der Nähe von Lirna, im Dünaburg'schen Kreise in Kurland. (Theod. v. Grotthuß, Gilb. Ann. 67.)

1820, 29. November. Viele Steine in der Umgegend von Cosenza in Calabrien. (Capocci, Compt. rend. de l'Acad. des Sc. XI.)

1821, 15. Juni. Steine bei Juvénas, 2 Meilen von Aubénas (Dep. Ardèche). Sie enthalten kein Nickel. (Ann. de chim. et de phys., Sér. 2, T. 17.)

1822, 3. Juni. Meteorstein zu Angers. (Ebend. T. 20.)

1822, 10. September. Steinfall bei Carlstadt in Schweden.

1822, 13. September. Meteorsteinfall bei la Basse, 1 Meile von Epinal (Dep. Vogesen). (Ann. de chim. et de phys., Sér. 2, T. 17.)

1822, im November. Steinfall zu Futtehpore in Hindostan. (Jahrbuch der Chem. und Phys. 23.)

1823, 7. August. Bei Nobleborough in Maine in Nordamerika. (Silliman's Amer. Journ. 7.)

1824, 13. oder 15. Januar. Viele Steine bei Arenazzo im Bolognesischen. Einer derselben wog 12 Pfund und wird auf der Sternwarte in Bologna aufbewahrt. (Diario di Roma.)

1824, 18. Februar. Großer Stein in dem Gouvernement Irkutzk. (Nach Zeitungsberichten.)

1824, 14. October. Steinfall bei Zebrak im berauner Kreise

in Böhmen. Der Stein wird im böhmischen Nationalmuseum aufbewahrt. (Neumann.)

1825, 16. Jan. Stein zu Malwate im westlichen Theile von Hindostan.

1825, 10. Februar. Steinfall zu Nangimoy in Maryland.

?1825, 12. Mai. Eisenmasse zu Bayden in Wiltshire in England.

1825, 14. September. Steinfall auf den Sandwichsinseln.

1826, 15. März. Steinfall in der Gegend von Lugano.

1826, 19. Mai. Steinfall im District von Paulogrod im Gouvernement Ekaterinoslaw.

?1826, im August soll auf dem Berge Galapian (Dep. Lot-et-Garonne) während eines Gewitters ein großer Meteorstein gefallen sein.

1827, 27. Februar. Steinfall bei dem Dorfe Mhow im Districte Azimo-Gesh in Hindostan.

1827, 9. Mai. Steinfall zu Drak-Creek im Staate Tenessee in Nordamerika.

?1827 im August soll in China in der Provinz Kuld-Schu ein sehr großer Stein gefallen sein.

1827, 5. oder 8. October. Steinfall bei dem Dorfe Kuasti-Knasti zwei Stunden von Bialystock.

1828, 4. Juni. Steinfall bei Richmond in Virginien.

1829, 8. Mai. Steinfall bei Forsyth in Georgien in Nordamerika.

1829, 14. August. Steinfall bei Deal in Neu-Jersey in Nordamerika.

1829, 9. September. Steinfall in Krasnyi-Ugol im Gouvernement Riäsan.

1829, 19. November. Fall einer Masse in Prag.

1831, 18. Juli. Fall eines Meteorsteins zu Vouillé im Dep. de la Vienne.

1831, 9. September. Steinfall bei Wessely im hradischer Kreise in Mähren.

1831, December. Steinfall in Mähren. (Plieninger.)

1833, 16. Juli. Steinfall bei dem Dorfe Nachratschinsk im Gouvernement Tobolsk.

1833, 25. November. Steinfall bei Blansko in Mähren.

1834, April. Steinregen in der Stadt Kandahar (Afghanistan).

1835, 13. November. Meteorstein in dem Arrondissement von Belley (Dep. Ain). (Compt. rend. de l'Acad. des Sc. I.)

1836, 11. December. Großer Steinfall bei dem Dorfe Macao am Rio Assu (Brasilien). (Compt. rend. V.)

1837, August. Fall eines Steines bei Esnande (Dep. der untern Charente).

1839, 13. Februar. Meteorsteinfall bei Little Piney (Missouri). (Silliman, Amer. Journ.)

1839, 29. November. Muthmaßlicher Aerolithenfall in Italien. (Capocci.)

1840, 17. Juli. Fall eines großen Steines auf dem Gebiete von Ceresetto in der Provinz Casal Montferrat in Piemont.

1841, 12. Juni. Meteorsteinfall in der Gemeinde Triguères in der Umgegend von Chateau-Renard (Dep. Loiret). (Compt. rend. XII.)

1841, 17. Juli. Aerolith im Mailändischen. (Quetelet.)

1842, 5. December. Fall eines Aerolithen in der Umgegend von Langres. (Compt. rend. XV.)

1843, 2. Juni. Fall zweier Meteorsteine zu Blaauwo-Kapel bei Utrecht. (Pogg. Ann. 59.)

1843, 16. September. Meteorsteinfall zu Klein-Wenden im südlichen Theile des Wipperthales im Kreise Nordhausen. (Sitzungsber. der Berl. Acad. 1844.)

1844, 21. October. Fall eines Meteorsteines in der Umgegend von Lessac (Dep. Charente). (Compt. rend. XIX.)

1847, 14. Juli. Fall eines großen Meteorsteins zu Braunau in Böhmen. (Pogg. Ann. 72.)

Das Herabfallen von Meteorsteinen ist sehr häufig mit gewaltigen Explosionen verbunden; indeß darf man daraus nicht schließen, daß jedes Meteor, welches vor seinem Verschwinden heftige Detonationen erzeugt, ein wirklicher Meteorstein ist. Ich halte daher mit

Chladni nur solche Meteorsteinfälle für gewiß, von denen man die Bruchstücke hat auffinden können, und verwerfe alle diejenigen von verschiedenen Schriftstellern berichteten Fälle von feurigen Kugeln, die in der Atmosphäre mit großem Geräusche zersprungen sind, wo man aber keinen Stein entdeckt hat, welcher die charakteristischen Merkmale eines Aerolithen besaß. Das Werk von Ma-tuan-lin, eines chinesischen Schriftstellers aus dem 13. Jahrhundert, das von Abel Rémusat ins Französische übersetzt worden ist, würde z. B. 96 derartige Fälle dargeboten haben. Wie Rémusat berichtet, zeichnen die Chinesen und Japaner alle auf das Erscheinen dieser sonderbaren Phänomene bezüglichen Umstände sehr sorgfältig auf. Sie hatten bemerkt, daß die Steine bisweilen bei völlig heiterem Himmel herabfallen. Sie verglichen die Detonationen, die sie erzeugen, mit denen des Donners, mit dem Gekrach einer einstürzenden Mauer, mit dem Brüllen eines Stieres, und das ihr Herabstürzen begleitende Pfeifen mit dem Geräusche des Flügelschlages der wilden Gänse, oder eines Zeuges, das zerrissen wird. Nach ihnen sind die Steine in dem Augenblicke, wo sie den Boden erreichen, stets glühend; ihre Oberfläche sieht schwarz aus; einige klingen beim Anschlagen wie metallische Substanzen. Der Name, den sie ihnen beilegen, bedeutet: Fallende Sterne, die in Steine verwandelt sind.

Die Chinesen glaubten, daß das Erscheinen der Aerolithen mit andern gleichzeitigen Ereignissen zusammenhinge, und dies war der Grund, weshalb sie Verzeichnisse von denselben anlegten. Ich weiß übrigens nicht, ob wir großes Recht haben würden, über dieses Vorurtheil zu lächeln. Waren die europäischen Gelehrten weiser, als sie im Widerspruche mit den Thatsachen behaupteten, daß es aus der Atmosphäre herabfallende Steine unmöglich geben könne? Erklärte nicht die pariser Akademie der Wissenschaften im Jahre 1769, daß der im Momente seines Falles in der Nähe von Lucé aufgehobene Stein, den mehrere Personen mit den Augen bis zu dem Punkte, wo er den Boden traf, verfolgt hatten, nicht vom Himmel gefallen sei; wurde nicht das von der Municipalität von Juliac aufgenommene Protokoll, welches aussagte, daß am 24. Juli 1790 (s. S. 164) auf die Felder, Dächer und Straßen des Dorfes eine große Menge Steine herabge-

fallen wären, in den damaligen Zeitungen wie eine lächerliche Erzählung behandelt, die das Mitleid nicht blos bei Gelehrten, sondern bei allen Vernünftigen erregen müßte? Die Physiker, welche nur solche Thatsachen zugeben wollen, von denen sie eine Erklärung ahnen, schaden dem Fortschritte der Wissenschaft sicherlich mehr als diejenigen Leute, denen der Vorwurf einer zu großen Leichtgläubigkeit gemacht werden kann.

§ 5. Gediegeneisenmassen, die als meteorisch angesehen werden können.

Eisenmassen von wahrscheinlich meteorischem Ursprunge unterscheiden sich durch die Gegenwart von Nickel, durch ihr Gefüge, durch ihre Hämmerbarkeit und durch ihr isolirtes Vorkommen.

Einige dieser Massen sind schwammig oder zellig; die Höhlungen sind durch eine dem Peridot ähnliche steinige Substanz ausgefüllt. Zu ihnen gehören:

Die von Pallas in Sibirien gefundene Eisenmasse, deren meteorischen Ursprung die Tataren kannten.

Ein zwischen Eibenstock und Johanngeorgenstadt gefundenes Stück gediegen Eisen.

? Ein im kaiserlichen Naturalien-Cabinete zu Wien befindliches Stück ästiges Eisen, angeblich aus Norwegen.

Ein Stück zackiges Eisen, etliche Pfund schwer, im herzoglichen Naturalien-Cabinete zu Gotha.

Andere Massen sind derb. Das Eisen besteht alsdann aus Rhomboedern oder Octaedern, die aus parallelen Schichten oder Blättern gebildet sind. Der einzige vollständig bekannte Fall einer derartigen Masse ist der 1751 bei Agram (s. S. 163) vorgekommene.

Einige andere ähnliche Massen sind gefunden worden:

Nicht weit vom rechten Ufer des Senegal. (Compagnon, Forster, Goldberg.)

Am Kap der guten Hoffnung. (Van Marum, v. Dankelmann.)

In Mexico an verschiedenen Orten. (Sonneschmidt, v. Humboldt.)

In Brasilien in der Provinz Bahia. (Wollaston und Mornay.)

Im Bezirke von Santiago del Estero in dem La-Plata-Staat Santiago. (Rubin de Celis.)

Bei Elbogen in Böhmen. (Gilb. Ann. 42 und 44.)

Bei Lenarto im sarosser Comitate in Ungarn. (Gilb. Ann. 49.)

In der Nähe des Red River. Die Masse wurde von New-Orleans nach New-York geschickt. (Amer. Miner. Journ. I.) Oberst Gibs hat sie analysirt und Nickel gefunden. Es existiren noch andere ähnliche Massen in jener Gegend nach The Minerva von New-York 1824.

In der Umgegend von Bitburg in der Eifel, nördlich von Trier, eine Masse, die 3200 Pfund wog; sie enthielt Nickel. Die von Oberst Gibs gemachte Analyse findet sich in Americ. Mineral. Journ. I.

Massen bei Brahim in Polen, die nach Laugier's Analysen Nickel und etwas Kobalt enthalten.

Eine Eisenmasse in der Nähe der Salinen von Zipaquira in der Republik Neu-Granada. (Boussingault und Mariano de Rivero, Ann. de chim. et de phys. 25.)

Zwei Massen in einer Sowallik genannten Gegend an der nördlichen Küste der Baffinsbai, nach Cap. Roß; die eine erscheint dicht, die andere ist steinig und mit Eisenstücken gemengt, woraus die Eingebornen ihre Waffen fertigen.

Vielleicht gehört in diese Klasse auch eine große Eisenmasse von ungefähr 40 Fuß Höhe im östlichen Asien an der Quelle des gelben Flusses, welche die Mongolen Khadasütsilao (Fels des Pols) nennen und die nach den dortigen Volkssagen mit einem Feuermeteor herabgefallen sein soll. (Abel Rémusat.)

Außerdem giebt es noch Massen von problematischem Ursprunge; zu ihnen gehören:

Eine arsenikhaltige Masse in Achen. (Gilb. Ann. 48.)

Eine im Mailändischen auf der Collina di Brianza nahe bei Villa gefundene Masse. (Gilb. Ann. 50.)

Eine bei Großkamsdorf nicht weit von Saalfeld gefundene Masse, die nach Klaproth etwas Blei und Kupfer enthielt. Sie ist wider Verbot geschmolzen worden; die zu Freiberg und Dresden aufbewahr-

ten Stücke gleichen nicht den von Klaproth analysirten und sind, wie es scheint, nur ein künstliches Schmelzproduct. (Chladni.)

Ich setze noch hinzu, daß nach der Analyse von Brandes das Eisen, woraus die Messer und Harpunen der Eskimos in der Baffinsbai bestehen, drei Procent Nickel enthält, ein Umstand, der auf einen meteorischen Ursprung dieses Eisens hinweist.

§ 6. Herabfallen von staubartigen Massen.

Die aufmerksame Beobachtung von Staubfällen läßt vermuthen, daß sie sich nicht wesentlich von den gewöhnlichen Meteorsteinfällen unterscheiden. Manchmal sind sie von Steinfällen, so wie auch von einem Feuermeteore begleitet gewesen. Der Staub dürfte fast dieselben Substanzen enthalten, wie die Meteorsteine; es scheint nur in der Schnelligkeit ein Unterschied zu sein, mit welcher diese Haufen chaotischer im Weltraume zerstreuter Materie in unsere Atmosphäre gelangen. Wahrscheinlich ist in dem rothen und schwarzen Staube Eisenoxyd das Hauptfärbungsmittel; in dem schwarzen Staube findet sich auch Kohle. Die im Jahre 1806 bei Alais gefallenen schwarzen, leicht zerreiblichen Steine (S. 165) kann man einigermaßen als einen Uebergang von dem schwarzen Staube zu den gewöhnlichen Meteorsteinen ansehen. Ich darf indeß nicht unerwähnt lassen, daß man rothen Schnee angetroffen hat, der seine Färbung ganz anderen Ursachen verdankte. So berichtet Sir Charles Blagden, daß rother in der Baffinsbai gesammelter Schnee durch Harnsäure gefärbt war, die ohne Zweifel von den Ausleerungen der in jenen Gegenden vorkommenden Vogelschwärme herrührte; die Schicht rothen Schnees lag allerdings nicht an der Oberfläche; drüber und drunter war der Schnee vollkommen weiß. Thomson stellt die Ansicht auf, daß die Färbung des Schnees vielleicht von einer organischen Materie, z. B. einer kryptogamischen Pflanze herrühre.

Ich lasse hier das Verzeichniß aller solcher Staubfälle, welche bis auf den heutigen Tag geschichtlich aufgezeichnet worden sind, folgen. Das Fragezeichen (?) deutet auch hier die zweifelhaften Fälle an.

Im Jahr 472 unserer Zeitrechnung (nach der Chronologie des Calvisius, Playfair u. A.) am 5. oder 6. November erschien um die

Mittagszeit ein schwarzes Gewölk, das nachher eine brennende Gestalt annahm, und es fiel dann bis um Mitternacht schwarzer Staub (wahrscheinlich in der Umgegend von Constantinopel). Procopius und Marcellinus Comes haben diesen Fall dem Vesuv zugeschrieben.

652 ist in der Gegend von Constantinopel (rother) Staub wie Regen gefallen. (Theophanes, Cedrenus, Matthäus Eretz.)

742. Staubregen in Egypten. (Quatremère.)

743. Ein Zeichen am nördlichen Himmel gesehen und Staub an mehreren Orten geregnet. (Theophanes.)

.... In der Mitte des 9. Jahrhunderts. Rother Staub und geronnenem Blute ähnliche Materie. (Monachus, Kazwini, Elmazen.)

869 soll es in der Gegend von Brixen drei Tage lang sogenanntes Blut geregnet haben (Hadrianus Barlandus). Dies kann vielleicht mit dem vorhergehenden einerlei Ereigniß gewesen sein.

929 fiel zu Bagdad nach dem Erscheinen einer Röthe am Himmel eine Menge röthlicher Sand. (Quatremère.)

1056. In Armenien rother Schnee. (Matth. Eretz.)

1110. In Armenien, in der Provinz Vaspuragan sah man im Winter in einer sehr dunklen Nacht einen feurigen Körper vom Himmel herabkommen, und in den See Van stürzen. Das Wasser ward blutroth, und an mehreren Orten waren tiefe Risse in der Erde. (Matth. Eretz.)

1219 oder 1222. Rother Regen in der Umgegend von Viterbo. (Biblioth. ital. 19.)

1416. Rother Regen in Böhmen. (Spangenberg.)

? In demselben Jahrhundert will man zu Luzern einen feurigen Drachen gesehen haben, welcher einen Stein (s. S. 159) nebst einer Flüssigkeit wie geronnenes Blut habe fallen lassen. (Cysat.)

1501 soll es nach einigen Chroniken an verschiedenen Orten Blut geregnet haben.

1543. Rother Regen in Westphalen. (Surii Comment.)

1548, 6. November, sah man, vermuthlich im Mansfeldischen, eine Feuerkugel, die mit ungeheurem Knalle platzte, worauf an einigen Orten Feuer vom Himmel zu fallen schien, und am andern Morgen

eine röthliche Flüssigkeit, wie geronnenes Blut, gefunden wurde. (Spangenberg.)

1557 sollen zu Schlage in Pommern faustgroße Stücke einer dem Blute ähnlichen Substanz mit einem blutigen Regen gefallen sein. (Chr. Irenäus und Mart. Zeiler.)

1560 (oder 1568 oder 1571) am Pfingsttage rother Regen zu Emden, Löwen u. a. O. (Fromond.)

1560, 24. December, scheint zu Lillebonne (Normandie) ein Feuermeteor mit rothem Niederschlage eingetreten zu sein.

? 1582, am 5. Juli, soll zu Rockhausen, eine Meile von Erfurt, während eines schrecklichen, einem Erdbeben gleichen Gewitters ein großer Haufen einer den Menschenhaaren ähnlichen Substanz niedergefallen sein. (Mich. Bapst.)

1586, am 3. Dec., fiel in der Nacht bei Verden im Hannöverschen eine theils blutrothe, theils schwärzliche Masse, wobei man das Feuermeteor und das damit verbundene Getöse für Blitz und Donner gehalten haben mag. (Handschriftliche Nachricht des damaligen Rathsherrn Salomons in Bremen.)

1591 regnete es in Orleans eine blutähnliche Materie. (Lemair.)

1618 im August. Der früher S. 160 erwähnte Steinfall in Steyermark ist mit einem sogenannten Blutregen und mit einem Feuermeteor verbunden gewesen.

1623, 12. August. Sogenannter Blutregen zu Straßburg. (Elias Habrecht, Bericht von einer wunderbaren Feuerkugel. 1623.)

1637, 6. Dec. Staubfall im Meerbusen von Volo im Archipelagus und in Syrien. (Phil. Transact. I.)

1638. Rother Regen zu Turnhout.

1643. Sogenannter Blutregen zu Vaihingen an der Enz und zu Weinsberg. (Nach einer handschriftlichen heilbronner Chronik.)

1645, zwischen 23. und 24. Januar, rother Regen bei Herzogenbusch.

1646, 6. October, rother Regen zu Brüssel. (Kronland und Wendelinus.)

1652 im Mai. Schleimige Substanz infolge eines leuchtenden Meteors zwischen Siena und Rom. (Miscell. nat. cur. 1690.)

?1665, 23. März, soll bei Laucha unweit Naumburg eine Substanz wie dunkelblaue seidene Fäden in großer Menge mit dem Regen oder Thau herabgefallen sein. (Joh. Prätorius.)

1678, 19. Mai, rother, wie blutiger Schnee bei Genua. (Phil. Trans. 1678.)

1686, 31. Jan., fiel in Kurland, im Ambotschen bei dem Gute Rauden, und gleichzeitig in Norwegen und Pommern, eine schwarze papierartige Substanz in großer Menge. (Miscell. nat. cur. 1688, append.) Th. v. Grotthuß analysirte einen Theil derselben, die in einer kleinen von seinem Vater nachgelassenen Mineraliensammlung lag, und fand Kieselerde, Eisen, Kalk, Kohle, Magnesia, Spuren von Chrom und Schwefel, aber kein Nickel.

?1689 fiel rother Staub in Venedig. (Vallisnieri.)

1711, 5. und 6. Mai, rother Regen in Schonen bei Orsiö. (Act. liter. Suec. 1731.)

1718, 24. März. Gallertartige Materie infolge des Herabfallens einer großen feurigen Masse auf der Insel Lethy in Ostindien. (Barchewitz, ostindische Reisebeschreibung.)

1719 Staubregen auf dem atlantischen Ocean unter 45° n. Br. und 322° 45′ L. von Paris, begleitet von einer nur kurze Zeit dauernden Lufterscheinung. (Mém. de l'Acad. des sc. 1719.)

1721 in der Mitte des März muß sich ein rother Schlammregen mit einem vorhergegangenen merkwürdigen Meteor um Stuttgart ereignet haben. (Nach einem Schreiben des damaligen Rentcommissars, Expeditionsrath Vischer.)

1737, 21. Mai. Fall einer vom Magnet anziehbaren Erde auf dem adriatischen Meere zwischen Monopoli und Lissa. (Zanichelli Opuscoli di Calogera XVI.)

1744. Rother Regen bei St. Pier d'Arena bei Genua. (Richard.)

1755, 20. Oct., fiel auf der Insel Zetland, einer der Orkaden, schwarzer Staub, wie Lampenruß, der nicht vom Hekla gekommen sein konnte. (Phil. Trans. I.)

1755, 15. November. Rother Regen in der Gegend von Ulm, in Rußland, Schweden und a. O., wobei der Himmel ganz roth war. (Nova Act. nat. cur. II.)

1763, 9. October. Rother Regen im Herzogthum Cleve und auch bei Utrecht. (Mercurio historico y politico. 1764.)

1765, 14. Nov. Rother Regen in der Picardie. (Richard.)

1781, am 24. April, fiel in Sicilien, in der Campagna di Noto, weißlicher Staub, der nicht vulkanisch war. (Gioeni, Phil. Trans. Vol. 72.)

1792 regnete es am 27., 28. und 29. August in der Stadt la Paz in Bolivia ohne Unterbrechung eine aschenähnliche Substanz, die keinem vulkanischen Ausbruche zugeschrieben werden konnte; man hatte Explosionen gehört und den Himmel ganz erleuchtet gesehen. Der Staub veranlaßte heftiges Kopfweh und verursachte bei mehreren Personen Fieber. (Mercurio Peruano VI. 1792.)

1796, 8. März. In der Lausitz wurde an einer Stelle, wo Tags zuvor eine Feuerkugel niedergefallen sein sollte, eine klebrige Masse gefunden, die in Bezug auf Consistenz, Farbe und Geruch altem braunen Oelfirniß ähnlich war. (Lausitzische Monatsschrift 1796, 1. Th.)

1803, 5. und 6. März. In Italien fiel rother Staub, theils mit theils ohne Regen. (Opusc. scelti da C. Amoretti, T. 22.)

1809, im April. Rother Regen im Venezianischen. (Giorn. di fis. e chem. I.)

? 1811, im Juli. Fall eines zähen Schleimes bei Heidelberg nach Explosion eines leuchtenden Meteors. (Gilb. Ann. 66.)

1813, 13. und 14. März. Reichliches Herabfallen von rothem Staube und rothem Schnee in Calabrien, Toscana und Friaul, an manchen Orten unter großem Geräusch. Gleichzeitig fielen Steine zu Cutro (S. 166) in Calabrien. (Bibl. Brit. 1813 u. 1814.) Sementini fand in dem Staube: Kieselsäure 33, Thonerde 15½, Kalk 11¼, Eisen 14½, Chrom 1, Kohle 9 Procent; der Verlust bei der Analyse betrug 15 Procent; nach Magnesia und Nickel hat er ohne Zweifel nicht gesucht.

1814, den 3. und 4. Juli, großer Niederfall von schwarzem Staube in Canada, wobei am Morgen des 4. Juli die ganze Atmosphäre roth und feurig erschien. (Phil. Mag. Bd. 44.)

1814 fiel in der Nacht vom 27. auf den 28. October im Thale

von Oneglia bei Genua ein Regen von rother Erde. (Giorn. di fis. e chem. I.)

1814, 5. November, sah man bei dem S. 167 erwähnten Steinfalle zu Doab in Ostindien Staub aufsteigen, wo ein Stein niederfiel, und fand jeden Stein in einem kleinen Haufen Staubsandes. (Phil. Magaz.)

1815 gegen Ende September war die Oberfläche des Wassers im südlichen ostindischen Meere in großer Ausdehnung von einer aschenartigen Substanz bedeckt, wahrscheinlich infolge eines Staubfalles. (Phil. Mag. 1816.)

1816, 15. April, fiel an verschiedenen Orten des nördlichen Italiens aus rothen Wolken ziegelrother Schnee. (Giornale di fisica I.)

1819, am 13. August fiel zu Amherst in Massachusetts eine schleimige übelriechende Masse infolge eines leuchtenden Meteors. (Sillim. Journ. II.)

1819, am 5. September ereignete sich zu Studein in Mähren, in der Herrschaft Teltsch, zwischen 11 und 12 Uhr Mittags, bei übrigens heiterm Himmel, aus einer lichten lockern, doch breiten Wolke ein ganz trockner und feiner Erdregen, der aus sand- und lehmartigen Stückchen von der Größe von Erbsen oder Hanfkörnern bestand. (Hesperus 1819; Gilb. Ann. 68.)

1819, 5. November, rother Regen in Flandern und Holland. (Gilb. Ann. 68.) Bei der Analyse wurde darin Kobalt und Salzsäure gefunden.

1819 im November fiel in Canada bei Montreal und in der nördlichsten Provinz der Vereinigten Staaten Maine bei einer ganz auffallenden Finsterniß ein schwarzer Staub mit Regen oder Schnee, begleitet von ähnlichen Stößen, wie sie bei Erderschütterungen empfunden werden, von Detonationen, welche dem Artilleriefeuer glichen, und von Feuererscheinungen, die man für sehr starke Blitze hielt. (Gilb. Ann. 68.) Einige Personen haben dies Ereigniß einem Waldbrande zugeschrieben; das Geräusch, die Stöße und alle Umstände dieser Erscheinung beweisen aber, daß es ein wahres Feuermeteor war, wie die von 472, 1637, 1792 und vom Juli 1814. Es scheint, als ob die im Jahr 1806 zu Alais (S. 165) gefallenen schwarzen, zerreib-

lichen Steine nahezu dieselbe Substanz waren, nur in einem etwas mehr zusammenhängenden Zustande.

1821, 3. Mai Morgens 9 Uhr rother Regen in und um Gießen, bei Windstille aus einer nicht großen Stratuswolke. Bei einer vorläufigen Untersuchung fand Professor Zimmermann in dem rothbraunen, flockigen Bodensatze dieses Regens Chromsäure, Eisenoxyd, Kieselerde, Kalkerde, eine Spur von Talkerde, Kohlenstoff und mehrere flüchtige Theile, aber kein Nickel. (Gilb. Ann. 68.)

1824, 13. August, fiel zu Mendoza in der Republik Buenos-Ayres Staub aus einer schwarzen Wolke. In einer Entfernung von 20 Meilen entlud sich dieselbe Wolke noch einmal. (Zeitung von Buenos-Ayres, 1. Nov. 1824.)

?1824, 17. December. Fall einer brennenden, harzigen oder klebrigen Masse zu Neuhaus in Böhmen. (Pogg. Ann. 6.)

Drittes Kapitel.

Ueber den Ursprung der Aerolithen.

Wie bereits früher ausgesprochen, durfte der Ursprung der Meteorsteine nicht in Vorgängen in der unsere Erde umgebenden Atmosphäre gesucht werden; es war vielmehr wahrscheinlich, daß diese Steine im Raume kreisten, und unsere Erde denselben bei ihrem jährlichen Umlaufe um die Sonne begegnete. Seit dem 17. Jahrhundert versuchten daher Astronomen und Mathematiker, ob sich dieselben nicht als Auswürflinge eines Himmelskörpers unseres Sonnensystemes, z. B. des Mondes betrachten ließen. Das Vorhandensein ehemaliger Vulkane auf unserm Monde ist in der That erwiesen, wie wir aus dem Studium der Gebirge auf demselben gesehen haben (13. Bd., 21. Buch, 11. Kap.); man findet auf ihm weite und tiefe Krater, welche ungeheure Massen haben ausspeien müssen. Wir wollen nun untersuchen, ob die Annahme zulässig ist, daß vom Monde ausgestoßene vulkanische Producte auf die Erde fallen können.

Ein schwerer Körper, den man in die Höhe gehoben hat, fällt infolge der Schwerkraft mit um so geringerer Geschwindigkeit nach der

Oberfläche, oder vielmehr nach dem Mittelpunkte der Erde, je weiter er von letzterem Punkte entfernt ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß derselbe Vorgang auch für die Körper auf dem Monde eintreten muß, wenn sie über die Oberfläche desselben gehoben werden, daß also diese Körper nach dem Monde zurückfallen werden.

Denken wir uns nun den Mittelpunkt des Mondes und der Erde durch eine gerade Linie verbunden, so wird nothwendig zwischen beiden Himmelskörpern eine Region existiren müssen, wo Körper, die sich daselbst befänden, von der Erde und dem Monde gleichstark angezogen und folglich im Gleichgewicht sein würden. Diesseits dieses Punktes würde jeder schwere Körper nach der Erde, jenseits desselben aber nach dem Monde hin fallen.

Damit ein vom Monde ausgegangener Körper auf die Erde fallen kann, würde es also genügen, daß derselbe von der Oberfläche desselben mit einer Geschwindigkeit fortgeschleudert wird, welche hinreichend groß ist, um ihn über die Region hinauszutreiben, wo die Körper, gezogen von zwei gleichen entgegengesetzten Kräften, im Gleichgewicht bleiben, und wo sie keine größere Neigung haben würden zum Monde als zur Erde zu fallen.

Die Schwere auf der Oberfläche des Mondes ist ungefähr sechsmal geringer als auf der Erde, so daß derjenige, der daselbst mit einer eben so großen Muskelkraft, wie wir sie besitzen, in die Höhe spränge, sich auf eine bedeutende Höhe erheben würde. Ist es nun möglich, einem Körper eine so große Geschwindigkeit mitzutheilen, daß er von der Oberfläche des Mondes fortgestoßen nicht wieder auf dieselbe zurückfällt?

Von diesem Gesichtspunkte aus konnte die Frage der Rechnung unterworfen werden; und man hat mit Rücksicht auf die Kleinheit des Volumens und der Masse des Mondes und den Mangel einer Atmosphäre um denselben gefunden, daß ein in der Richtung nach der Erde zu geschleuderter Körper in die Anziehungssphäre der letztern gelangen würde, wenn er bei seinem Abgange vom Monde eine Geschwindigkeit von 2500 Metern (gegen 8000 Fuß) in der Secunde erhielte.

Diese Geschwindigkeit übertrifft nicht die Wurfgeschwindigkeiten, welche die Ausbrüche unserer Vulkane darbieten. Der Cotopaxi z. B.

in Amerika hat bisweilen glühende Steine mit einer größern Kraft fortgeschleudert, als diejenige ist, deren Werth die vorerwähnte Rechnung geliefert hat; eine solche Gewalt geht nicht über die Kräfte hinaus, welche die menschliche Industrie heutigen Tages mit den sogenannten Knallpräparaten zu erzeugen vermag, so daß man in Wahrheit behaupten darf, so übertrieben es auch beim ersten Blicke scheinen mag, daß Menschen, die sich auf dem Monde befänden, sich mit der Erde durch Wurfgeschosse in tägliche Communication setzen könnten.

Als im Anfange dieses Jahrhunderts Olbers, Laplace, Poisson und Biot sich mit dem vorstehenden ballistischen Probleme beschäftigten, beabsichtigten sie eine Prüfung, ob nicht die zuerst von Terzago 1660 aufgestellte Vermuthung, auf dem Monde den Ursprung der festen Massen zu suchen, welche in allen Jahrhunderten von Zeit zu Zeit auf die Erde gefallen sind, ungereimt wäre.

Aus den angeführten Resultaten ersieht man, daß sich die Möglichkeit, die Aerolithen wären Theile des Mondes, nicht ableugnen ließ.

Gewisse aus der chemischen Analyse sich ergebende Umstände schienen diesen Ursprung noch wahrscheinlicher zu machen.

Dazu gehörte der Mangel an Eisenoxyd, der darauf hinzuweisen schien, daß diese Körper in ihrer ursprünglichen Lagerstätte von keiner sauerstoffhaltigen Atmosphäre umgeben sein könnten.

Man legte auch Gewicht auf die Gleichheit der Zusammensetzung, um den Aerolithen einen gleichen Ursprung zuzuschreiben. Dieses Argument verlor aber bedeutend an Werth, als Laugier seine Analyse des bei Juvenas (1821 S. 168) gefallenen Meteorsteines bekannt machte; derselbe fand nämlich, daß dieser Aerolith keine Spur von Nickel enthielt, während dieses Metall sonst einen sehr beträchtlichen Bestandtheil der an andern Orten herabgefallenen Massen ausmacht.

Welche Aehnlichkeit würde man übrigens heut zu Tage aufzustellen vermögen zwischen dem Meteoreisen, woraus man hat Waffen schmieden können, und den Steinen (dieser Name ist ihnen mit Recht beigelegt worden), welche in ihrem Bruche als ein bloßes Aggregat von erdigen Massen und darin zerstreuten Metallbrocken erscheinen? Die chemischen Zusammensetzungen weisen in der That auf eine Ver-

schiedenheit in deren Ursprunge hin. Rammelsberg äußert sich darüber folgendermaßen [2]):

„Die eigentlichen Meteorsteine pflegt man, durch ihr äußeres Ansehen geleitet, in zwei Klassen zu theilen. Die einen nämlich zeigen in einer scheinbar gleichartigen Grundmasse Körner und Flittern von Meteoreisen, welches dem Magnet folgt und ganz die Natur des für sich in größeren Massen aufgefundenen besitzt. Hierher gehören z. B. die Steine von Blansko, Lissa, Aigle, Ensisheim, Chantonnay, Klein-Wenden bei Nordhausen, Errleben, Chateau-Renard und Utrecht. Die andere Klasse ist frei von metallischen Beimengungen und stellt sich mehr als ein krystallinisches Gemenge verschiedener Mineralsubstanzen dar; wie z. B. die Steine von Juvenas, Lontalar und Stannern."

„Seitdem Howard, Klaproth und Vauquelin die ersten chemischen Untersuchungen von Meteorsteinen angestellt haben, nahm man lange Zeit keine Rücksicht darauf, daß sie Gemenge einzelner Verbindungen sein könnten; sondern erforschte ihre Bestandtheile nur im Ganzen, indem man sich begnügte, den etwanigen Gehalt an metallischem Eisen mittelst des Magnets auszuziehen. Nachdem Mohs auf die Analogie einiger Aerolithen mit gewissen tellurischen Gesteinen aufmerksam gemacht hatte, versuchte Nordenskjöld zu beweisen, daß Olivin, Leucit und Magneteisen die Gemengtheile des Aerolithes von Lontalar in Finland seien; doch erst die schönen Beobachtungen von Gustav Rose haben es außer Zweifel gesetzt, daß der Stein von Juvenas aus Magnetkies, Augit und einem dem Labrador sehr ähnlichen Feldspathe besteht. Hierdurch geleitet, suchte Berzelius in einer größeren Arbeit (Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar för 1834) auch durch chemische Methoden die mineralogische Natur der einzelnen Verbindungen in den Aerolithen von Blansko, Chantonnay und Alais auszumitteln. Der mit Glück von ihm vorgezeichnete Weg ist später vielfach befolgt worden."

„Die erste und zahlreichere Klasse von Meteorsteinen, die mit metallischem Eisen, enthält dasselbe bald fein eingesprengt, bald in größeren Massen, die sich bisweilen als ein zusammenhängendes Eisenskelett gestalten und so den Uebergang zu jenen Meteor-Eisenmassen

bilden, in welchen, wie in der sibirischen Masse von Pallas, die übrigen Stoffe zurücktreten. Wegen ihres beständigen Olivingehalts sind sie reich an Talkerde. Der Olivin ist derjenige Gemengtheil dieser Meteorsteine, welcher bei ihrer Behandlung mit Säuren zerlegt wird. Gleich dem tellurischen ist er ein Silicat von Talkerde und Eisenorydul. Derjenige Theil, welcher durch Säuren nicht angegriffen wird, ist ein Gemenge von Feldspath- und Augitsubstanz, deren Natur sich einzig und allein durch Rechnung aus ihrer Gesammtmischung (als Labrador, Hornblende, Augit oder Oligoklas) bestimmen läßt."

„Die zweite, viel seltenere Klasse von Meteorsteinen ist weniger untersucht. Sie enthalten theils Magneteisen, Olivin und etwas Feldspath- und Augitsubstanz; theils bestehen sie blos aus den beiden letzten einfachen Mineralien, und das Feldspathgeschlecht ist dann durch Anorthit repräsentirt. Chromeisen (Chromoxyd - Eisenorydul) findet sich in geringer Menge fast in allen Meteorsteinen; Phosphorsäure und Titansäure, welche in dem so merkwürdigen Steine von Juvenas entdeckt wurden, deuten vielleicht auf Apatit und Titanit."

So wie man einerseits nicht absolut ableugnen darf, daß nicht einige Meteorsteine aus den Mondvulkanen stammen können, so muß man doch andererseits einräumen, daß sie bisweilen anderen Ursachen ihre Entstehung verdanken. Könnte nicht in den planetarischen Räumen eine Art Ring von größerer oder geringerer Dicke existiren, gebildet aus mit einer raschen Umlaufsbewegung um die Sonne begabten Körpern? Schnitte dieser Ring die Ebene der Ekliptik in einer gewissen Breite, so würde die Erde, wenn sie in diese Gegenden käme, einigen jener herumirrenden Massen begegnen, sie anziehen, und auf ihre Oberfläche fallen lassen, nachdem dieselben zuvor beim Eintritt in ihre Atmosphäre plötzlich weißglühend geworden wären. Könnte man nicht auch eine große Zahl im Raume zerstreuter kleiner Körper annehmen, die in unserm Sonnensysteme eine Art Nebelfleck bildeten, dessen verschiedene Elemente an einigen Stellen weniger von einander entfernt wären, als in andern Gegenden?

Nach diesen Annahmen müßte sich in der Erscheinung der Aerolithenfälle eine gewisse Periodicität zeigen. Stellt man die zuverlässigen Meteorstein- und Staubfälle, deren Datum bekannt ist, in eine

Tabelle zusammen, so findet man 206 solche Fälle, für welche der Monat ihres Eintritts gegeben ist, und diese vertheilen sich unter die 12 Monate des Jahres folgendermaßen:

Monat.	Zahl der Fälle.
Januar	14
Februar	10
März	22
April	15
Mai	20
Juni	18
Juli	23
August	16
September	17
October	18
November	20
December	13

Wie man sieht, ist die Anzahl der auf die Oberfläche unserer Erde fallenden Meteorolithen kleiner in der Zeit vom December bis Juni (monatliches Mittel 16) als in der Zeit vom Juli bis November (monatliches Mittel 19). Die Monate März, Mai, Juli, October und November zeigen außerdem noch Maxima. Bei ihrem Umlaufe um die Sonne würde die Erde also mehr Aerolithen antreffen auf dem Wege vom Aphelium zum Perihelium oder von dem Sommersolstitium zum Wintersolstitium, dagegen eine geringere Zahl derselben in der andern Hälfte ihrer Bahn vom Perihelium zum Aphelium oder vom Wintersolstitium zum Sommersolstitium.

Man darf übrigens nicht übersehen, daß die in denjenigen Ländern, deren Civilisation weit genug vorgeschritten ist, um geschichtliche Jahrbücher zu besitzen, aufgezeichneten Meteorsteinfälle nur einen Bruchtheil von der Gesammtzahl aller derartigen Phänomene ausmachen können, deren Existenz sich constatiren lassen würde, wenn fortwährend Beobachter über die ganze Oberfläche des Meeres und alle Theile des Festlandes vertheilt wären. Wie dem auch sein möge, beim Durchlaufen der Verzeichnisse wird man dahin geführt, nicht blos eine gewisse Periodicität dieser Phänomene anzunehmen je nach der Stellung der Erde in der Ekliptik, sondern auch zwischen gewissen

Jahren, in denen man die Meteorsteinfälle sich gewissermaßen zusammendrängen sieht, nachdem lange Zeit verflossen ist, während welcher sie ziemlich sparsam erschienen.

Viertes Kapitel.

Durch Aerolithen veranlaßte Unfälle.

Die Meteorsteinfälle sind nicht selten genug, als daß solche Phänomene nicht in den Chroniken berichtete Unfälle veranlaßt haben sollten.

In dem von Eduard Biot verfaßten Kataloge der in China beobachteten Sternschnuppen und anderer Meteore ist erwähnt, daß am 14. Januar 616 unserer Zeitrechnung in China ein herabfallender Stein einen Wagen zerschmetterte und zehn Menschen tödtete.

Der schwedische Kapitän Olof Erichson Wilmann, der als Freiwilliger in den Dienst der holländisch-ostindischen Compagnie eingetreten war, erzählt in einem 1674 gedruckten Werke, daß auf offenem Meere eine 8 Pfund wiegende Kugel auf das Verdeck seines mit vollen Segeln fahrenden Schiffes fiel und zwei Menschen tödtete. (Vergl. S. 161.)

Um dieselbe Zeit hat ein kleiner in Mailand niederfallender Stein einen Franziskaner getödtet.

Der Chemiker Laugier hat ein Bruchstück eines Meteorsteins hinterlassen, wobei sich die Notiz fand, daß dieser Aerolith unter Explosion in der Nähe von Roquefort in Amerika herabgefallen sei, dabei eine Hütte zerschmettert, den Bauer, sowie Vieh getödtet und ein fast zwei Meter tiefes Loch in die Erde geschlagen habe.

Man hat auch den Meteorsteinen den Brand mehrerer Häuser zugeschrieben. Diese Thatsachen hängen mit der Hypothese zusammen, daß viele Meteorsteine beim Eintritt in unsere Atmosphäre, um die Oberfläche der Erde zu erreichen, sich entzünden; und es ist allerdings richtig, daß gewissen Aerolithenfällen die Erscheinung von Feuerkugeln vorhergegangen, die plötzlich unter den gewaltigsten Detonationen verschwanden und in sehr viele Stücke zersprangen, welche nachher

über ausgedehnte Landstrecken zerstreut gefunden wurden. Unter derartigen Phänomenen ist eines der wichtigsten der in der Umgegend von l'Aigle am 26. April 1803 (s. S. 165) eingetretene Steinfall. Gegen 1 Uhr Nachmittags sah man zu Caen, Pont-Audemer und in der Umgegend von Alençon, Falaise und Verneuil eine feurige Kugel mit sehr hellem Glanze. Einige Augenblicke später hörte man bei l'Aigle und 15 Meilen im Umkreise eine heftige Explosion, und zufolge Biot's Nachforschungen fielen Steine über eine elliptische Fläche von ungefähr $1^1/_4$ Meilen Länge und $^1/_4$ Meile Breite. Die große Axe dieser Ellipse war von Südost nach Nordwest gerichtet. Der größte unter allen gefundenen Steinen wog $17^1/_2$ Pfund. Keiner dieser Steine war in dem Augenblicke, wo man sie sammeln konnte, glühend; sie verbreiteten einen lebhaften Schwefelgeruch.

Die zu Braunau am 14. Juli 1847 (S. 170) gefallenen Aerolithen waren noch sechs Stunden nach ihrem Niederfallen so heiß, daß man sie nicht anrühren konnte, ohne sich zu verbrennen.

Vorstehende Thatsachen lassen keinen Zweifel an der Möglichkeit, daß Feuersbrünste durch den Fall von Meteorsteinen veranlaßt worden sind, selbst wenn diese Steine nach dem Ereignisse nicht immer aufgefunden werden konnten.

Ich lasse hier die wichtigsten derartigen Vorgänge, die man gesammelt hat, folgen:

Im Jahr 944 n. Chr. fuhren nach der Chronik von Frodoard feurige Kugeln durch die Luft und entzündeten Häuser.

Am 7. März 1618 war der Brand, welcher den großen Saal des Justizpalastes in Paris verzehrte, angeblich durch ein feuriges Meteor „von 1 Fuß Breite und 1 Elle Höhe", das nach Mitternacht auf dieses Gebäude fiel, veranlaßt worden.

Der zu Captieux bei Bazas am 13. Juni 1759 (S. 163) gefallene Meteorstein entzündete angeblich einen Stall.

Nach den Memoiren der Akademie von Dijon wurde vom 11. bis 12. Nov. 1761 ein Haus zu Chamblan, eine halbe Stunde von Seurre in Burgund, durch den Fall eines Meteors angezündet.

Am 13. Nov. 1835 zeigte sich gegen 9 Uhr Abends bei heiterem Himmel in dem Arrondissement von Belley (Dep. Ain) ein glänzen-

des Meteor, dessen Lauf von Südwest nach Nordost gerichtet schien. Es zersprang in der Nähe des Schlosses Lauzières und verbrannte eine mit Stroh bedeckte Scheune, Wagenschuppen, Ställe, das eingerndtete Getreide und das Vieh. Alles war in wenigen Minuten ein Raub der Flammen. Auf dem Schauplatze des Ereignisses wurde ein Meteorstein (S. 170) gefunden.

Man vermuthet, daß der Brand des Pachtgutes Tamerville in der Nähe von Valognes, der in der Nacht vom 3. zum 4. August 1840 statt fand, durch ein feuriges Meteor veranlaßt wurde, das mehrere auf verschiedenen Punkten befindliche Personen von Nord nach Süd, in der Richtung des abgebrannten Gutes hatten durch die Luft fliegen sehen.

Am 25. Februar 1841 fiel eine aus Nordosten kommende Feuerkugel auf das Dach eines Kelterhauses in dem Weiler les-Bois-aux-Roux (Gemeinde Chanteloup, Arrond. Coutance, Dep. Manche), und zündete eine Feuersbrunst an, die sich zwei benachbarten Häusern mittheilte.

Dem Falle von feurigen Meteoren schreibt man auch die Feuersbrünste zu, welche vom 9. bis 18. November 1843 in der Umgegend von Montierender (Dep. der obern Marne) statt fanden.

Am 16. Januar 1846 entzündete eine in der Richtung von Norden nach Süden fliegende Feuerkugel, die eine leuchtende Spur hinter sich ließ, ein Gebäude zu la Chaux im Arrondissement Châlon-sur-Saône (Dep. Saône-et-Loire).

Am 22. März desselben Jahres 3 Uhr Nachmittags fiel eine Feuergarbe, welche mit großer Geschwindigkeit und ziemlich heftigem Geräusche durch die Luft gefahren war, auf eine Scheune in der Gemeinde St. Paul im Arrondissement Bagnères-de-Luchon (Dep. der obern Garonne); in einem Augenblick wurde Alles ein Raub der Flammen; das in den Ställen eingeschlossene Vieh verbrannte vollständig.

Wenn alle diese Unfälle nicht durch das Niederfallen von Meteorsteinen oder Feuerkugeln veranlaßt worden sind, wenn einige darunter von Sternschnuppen herrühren, so muß bei Erwägung der großen

Zahl dieser letzteren Meteore die geringe Häufigkeit jener Unfälle in Erstaunen setzen.

Das Gewicht der Aerolithen ist oft sehr beträchtlich, und erklärt vollständig die Möglichkeit sehr schwerer Unfälle. Ich will besonders

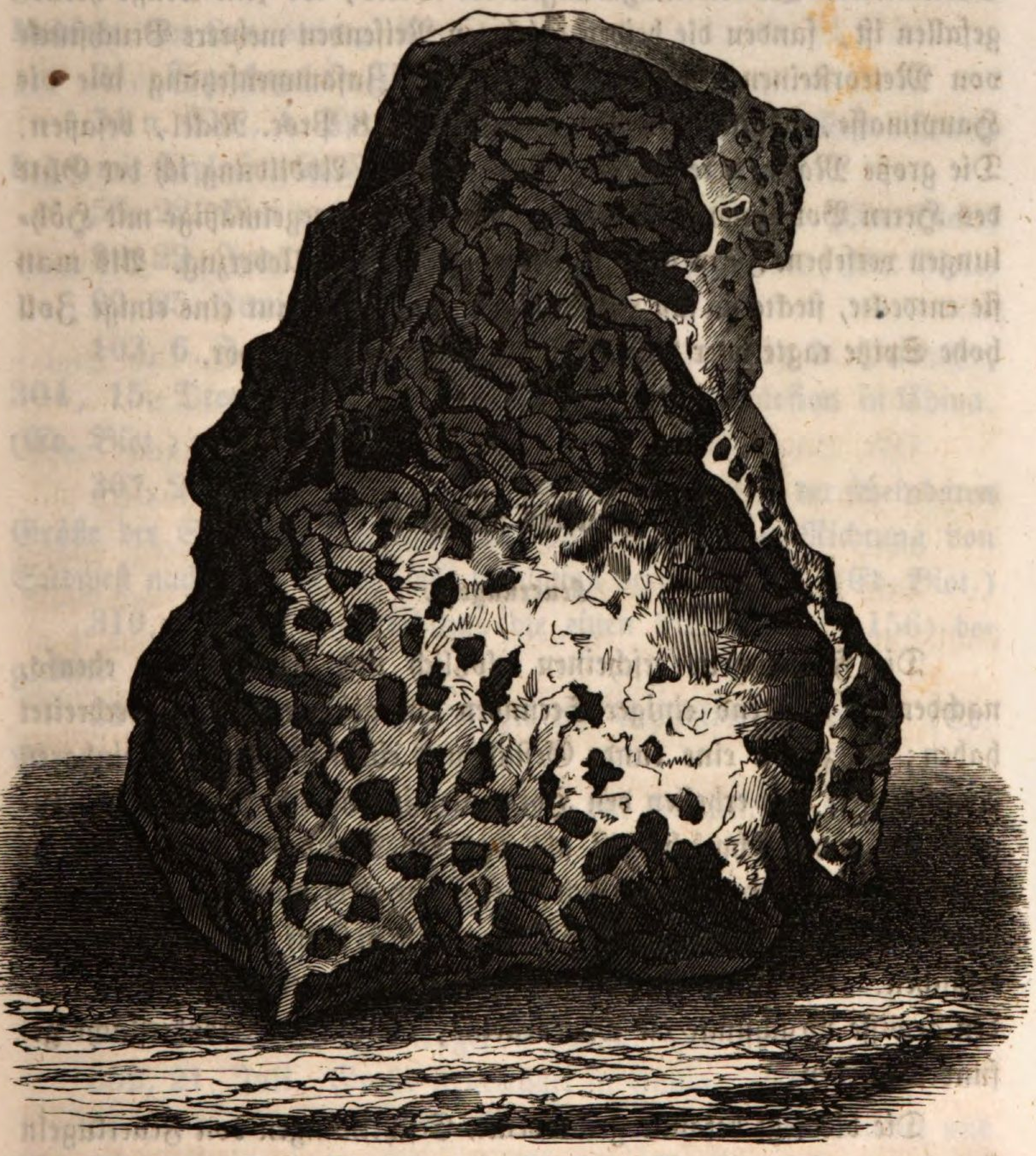


Fig. 326. — Meteorstein von Santa-Rosa, reducirt auf 1/10 seiner Höhe.

hervorheben den Meteorstein von Vouillé (1831 S. 169) von 40 Pfund; von Chantonnay (1812 S. 166) von 68 Pfund; von Juvénas (1821 S. 168) von 184 Pfund; von Ensisheim (1492 S. 159)

von 276 Pfund Gewicht. Der 1810 zu Santa Rosa in New-Granada (S. 166) auf dem Wege von Pamplona nach Bogota gefallene Meteorstein, dessen Beschreibung wir Boussingault und Mariano de Rivero verdanken, wiegt 1500 Pfund; sein Volumen erreicht fast $^1/_{10}$ Cubikmeter. In den Umgebungen des Ortes, wo jene Masse herabgefallen ist, fanden die beiden gelehrten Reisenden mehrere Bruchstücke von Meteorsteinen, welche eine ähnliche Zusammensetzung wie die Hauptmasse, nämlich 92 Proc. Eisen und 8 Proc. Nickel, besaßen. Die große Masse, deren in Fig. 326 gegebene Abbildung ich der Güte des Herrn Boussingault verdanke, hatte eine unregelmäßige mit Höhlungen versehene Form ohne irgend einen glasigen Ueberzug. Als man sie entdeckte, steckte sie fast vollständig in der Erde, nur eine einige Zoll hohe Spitze ragte über die Oberfläche des Bodens hervor.

Fünftes Kapitel.

Feuerkugeln.

Die Feuerkugeln erscheinen plötzlich und verschwinden ebenso, nachdem sie während einiger Secunden ein glänzendes Licht verbreitet haben; sie zeigen eine runde Gestalt und einen merklichen scheinbaren Durchmesser, und erhellen den Horizont mit einem Lichte, das im Allgemeinen etwas schwächer ist als das des Mondes. Oft ziehen sie einen feurigen Schweif nach sich, der mehr oder minder lange sichtbar bleibt; manche zerspringen in Stücke, die ihren Lauf fortsetzen und bald erlöschen. Wie schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt wurde, bilden gewisse Bruchstücke die Meteorsteine, die auf der Erdoberfläche gefunden werden.

Die bis jetzt bekannt gewordenen Erscheinungen von Feuerkugeln sind in dem folgenden Verzeichnisse kurz zusammengestellt; ein Fragezeichen (?) deutet auch hier wieder, wie früher, die zweifelhaften Fälle an. Die Beobachtungen, deren Quellen nicht genannt werden, sind aus den Sammlungen von Chladni und v. Hoff genommen, die Kämtz mit den Aerolithen, den verschiedenen Meteorfällen und den

leuchtenden Meteoren von noch problematischer Natur im dritten Bande seines Lehrbuchs der Meteorologie in ein Verzeichniß verschmolzen hat.

91 v. Chr. Eine Feuerkugel, welche die Sonne verdeckte.

74, 7. April. Feuerkugel in China. (Eduard Biot, Catalogue général des étoiles filantes et autres météores observés en Chine, Mémoir. des Sav. étrang. X.)

21. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

34 n. Chr., 4. April, 35, 25. Jan. und 57, 14. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

58, 22. Mai und ebenso 64 Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

90, 22. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

99, 25. Juni. Feuerkugel in China.

103, 6. Januar, 138, 27. März, 263, 303, 5. December, 304, 15. December und 305. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

307, 26. September. Feuerkugel in China von der scheinbaren Größe der Sonne mit leuchtendem Schweife, in der Richtung von Südwest nach Nordost, und mit Explosion verschwindend. (Ed. Biot.)

310. Feuerkugel in China, die einen Steinfall (S. 156) begleitete.

310, 23. October. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

322, 10. September, Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

333. Feuerkugel mit Explosion in China, deren Fall einen Meteorstein lieferte (S. 156). (Ed. Biot.)

337, 30. Juli. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

340, 15. März. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

352, 21. Juli. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

354, 14. Mai, 369, 10. December, 381, 20. November und 388. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

389, 4. April. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Explosion in China. (Ed. Biot.)

394. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

433. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

452, 6. Juli. Große Feuerkugel mit Explosion. (Ed. Biot.)

455, 22. Oct. Feuerkugel mit Explosion. (Ed. Biot.)

?545, ?549, ?552 und ?554. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

565, 31. März. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

568, 18. März. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

578, 8. Januar. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe in China. (Ed. Biot.)

578, 21. Juli. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

578, 12. August und 579, 15. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

579, 23. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

579, 30. August. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

580, September. Man sieht eine Feuerkugel den Himmel durchlaufen. (Dom Bouquet, Recueil des historiens des Gaules II.)

581, 3. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

583, 31. Jan. Eine Feuerkugel erscheint am Himmel und durchläuft einen großen Raum. (Gregor von Tours, Dom Bouquet II.)

?584, December. Eine Feuerkugel durchfliegt mitten in der Nacht den Himmel und verbreitet weithin große Helligkeit. Lebhafte Lichter flammen auf, trennen sich und erlöschen. Der Himmel ist dergestalt erhellt, daß man glaubt ein Nordlicht entstehen zu sehen. (Gregor von Tours, Aimoin, Chroniques de St. Denis, Dom Bouquet.)

585, 28. Oct. Eine funkelnde und großes Geräusch machende Feuerkugel fällt zur Erde. (Gregor von Tours, Dom Bouquet.)

587, Januar. Man sieht zu Paris in der Luft eine große Masse funkelnden Feuers. (Sauval.)

?590, März. Feuerkugeln durchfliegen während der Nacht mehrere Male den Himmel. (Gregor von Tours, Dom Bouquet.)

?600. Feuerkugeln durchfliegen den westlichen Theil des Himmels, wie eine Menge Sterne, wie eine Menge brennender Lanzen. Ein sehr lebhaftes Licht herrschte die ganze Nacht. (Die Chronikenschreiber, Dom Bouquet II. und III.)

616, 14. Jan. Große Feuerkugel in China, deren Fall den oben S. 186 berichteten Unfall verursachte. (Ed. Biot.)

616, 28. Mai. Feuerkugel in China, welche den Fall eines Aerolithen zur Folge hatte (S. 157). Ed. Biot.)

616, 14. Oct. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

616, 15. Octob., und 617, 11. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

620, 29. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

? 629 und ? 640. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

642, 22. Juli. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe in China. (Ed. Biot.)

644. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

? 653. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

666, 15. Febr., 670, 707, 24. April, und 708, 16. März. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

? 713. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

744, 4. April. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

757, 19. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

757, 3. Dec., 767, 15. Oct., 768, 19. Oct., 771, 2. Nov., 773, 18. Juli, 774, 18. Jan., und 775, 9. April. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

798, 20. Juni, und 809, 16. Sept. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

811, 30. März. Große Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

813 oder 814 sah Karl der Große eine helle Feuerkugel.

817, 26. Oct. Feuerkugel mit feurigem Schweif und Explosion in China. (Ed. Biot.)

822, 26. Nov., 823, 23. Sept., 837, 8. Nov., und ? 837, 18. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

839, 3. Oct. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Explosion. (Ed. Biot.)

841, 22. Dec. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

877, und ? 898. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

900, 20. April. Große Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

903, 911, 17. Dec., und 925, 7. Oct. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

934, 14. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

944. „Feurige Kugeln durchfliegen die Lüfte; einige haben Häuser angezündet.“ (S. 187.) (Frodoardi chron., Dom Bouquet VIII.)

952. Ein ganz feuriger Stein, wie eine Masse glühendes Eisen, durchlief von Westen kommend den Himmel. Man sah eine Schlange. (Annales wirziburgenses.)

954, 20. Febr. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

960, 19. Oct., 960, 20. Oct., uud 960, 23. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

962, 13. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

964, 3. April, 966, 12. Juni, 966, 14. Oct., 968, 3. Aug., und 969, 20. Juli. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

971, 20. Sept., 972, 28. Sept., und 974, 14. Oct. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

975. Man sieht einen Feuerball auf die Erde fallen. (Annales Corbienses, Pertz III.)

978, 5. Nov., 987, 17. Juli, und 988, 13. Mai. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

988, 12. Juli. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der halben Mondscheibe in China. (Ed. Biot.)

989, 8. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

990, 30. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

996, 21. Mai. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Explosion in China. (Ed. Biot.)

1002, 12. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1004, 25. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1004, 12. Dec., und 1005, 5. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1005, 11. Dec., und 1006, 16. Aug. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1009, 1. April, und 1010, 14. Mai. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1010, 7. August, 1010, 11. Sept., 1010, 14. Oct., 1011, 23. Juli, 1011, 2. Aug., 1011, 16. Nov., und 1012, 11. Sept. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

1018, 9. Nov. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1028, 16. Mai, 1040, 17. Dec., 1046, 14. Juli, und 1060, 5. Febr. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1061, 18. Dec., 1064, 7. Oct., 1064, 13. Oct., 1068, 25. Juli, und 1070, 11. April. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1073, 6. Dec. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife in China. (Ed. Biot.)

1074, 13. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1078, 13. Juli. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1095, 4. April. Feuerkugel in Frankreich.

1108. Eine Feuerkugel in China.

1109. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1143. Man berichtet, daß in diesem Jahre am Himmel Zeichen erschienen; feurige Kugeln leuchteten an mehreren Orten und verschwanden dann an einem andern Theile des Himmels. (Lycosthenes.)

1198, 2. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1221, 1. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1228, 10. Juli, 1230, 25. Dec., 1231, 18. Oct., 1241, 1. Aug., und 1243, 27. Aug. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1260, 25. Nov. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife und Explosion in China. (Ed. Biot.)

1278. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1325, 22. Mai. Große Feuerkugel zu Florenz.

1328, 28. Juni. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1344. „Ein Meteor (chasma) oder ein Feuerball fiel vom Himmel.“ (Lycosthenes.)

1352, 22. Oct. Großes Feuermeteor mit Detonation in Italien.

1356, 3. Dec. Feuerkugel in der Richtung von Nordwest nach Südost mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1358, 8. Dec. Feuerkugel in China, die einen Aerolithen (S. 159) lieferte.

1359, 17. Febr., 1404, 6. Jan., 1424, 21. Juni, und 1427, 12. Jan. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1449, 16. Dec., und 1451, 10. Sept. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1465, 22. Sept. Die Truppen des Herzogs von Burgund belagerten die Stadt, als während der Nacht ein Meteor erschien, das die Belagerten in Schrecken setzte, um so mehr als man es gleichsam aus dem feindlichen Lager kommen sah. Es fiel in die Wallgräben am Thore St. Antoine zu Paris. (Henry Sauval, Histoire et antiquités de la ville de Paris II.)

?1476, 11. Dec. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1484, 3. Juni. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1491, 15. Nov. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1495, 12. Mai, und 1496, 23. April. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1497, 11. Febr. Große Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1498, 17. Febr. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1501, 18. August, 1503, 9. März, und 1507, 4. Oct. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1510, 9. Mai. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Mondscheibe, in der Richtung von Südost nach Nordwest mit zwei leuchtenden Schweifen. (Ed. Biot.)

1511, 17. Sept. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1520, 15. Mai. Feuerkugel von der scheinbaren Größe der Sonnenscheibe mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1566, 17. Juli. Feuerkugel zu Paris.

1577, 11. Oct. Feuerkugel in der Schweiz.

1584, 19. Febr. Feuerkugel in Zürich.

1585, 28. Juli, und 1587, 4. Juli. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1589, 16. Febr. Feuerkugel von der Größe der Mondscheibe mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1603, 10. Sept. Von Norden nach Süden gehende Feuerkugel in der Schweiz.

1610, 11. März. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1613, 21. Jan. Feuerkugel in China. (Ed. Biot.)

1615, 19. Mai. Feuerkugel mit Explosion in China. (Ed. Biot.)

1618, 12. Nov. Feuerkugel mit Explosion in China, deren Fall einen Aerolithen lieferte (S. 160). (Ed. Biot.)

1623, 10. März. Feuerkugel in Zürich.

1623, 17. Nov. Feuerkugel, von West nach Ost ziehend, in Deutschland.

1637, 3. Oct. Große Feuerkugel in Frankreich.

1637, 27. Nov. Feuerkugel im südöstlichen Frankreich, aus welcher ein 38 Pfund schwerer Stein (S. 161) fiel.

1641, 25. Sept. Große Feuerkugel in der Lausitz.

1642, im Anfange des December. Feuerkugel und Meteorsteinfall in Ungarn.

1643, 6, Febr., sah man bei Glarus ein Feuermeteor, das zwei Explosionen machte.

1647, 18. Febr., sah man bei Zwickau ein Feuermeteor, aus welchem ein Meteorstein fiel (S. 161).

1648, 8. Jan. Feuerkugel im Neapolitanischen.

1648, 10. Jan. Große Feuerkugel bei Glückstadt.

1649, 1. Sept. Feuerkugel in Hamburg.

1651, 7. Jan. In der Schweiz eine Feuerkugel mit anhaltendem Getöse wie Kanonenschüsse.

1660, 23. Febr. Feuermeteor zu Wittenberg.

1661, 20. Jan. Feuerkugel in der Schweiz.

1662, 26. April. Feuerkugel zu Königsberg in Preußen.

1663, 13. März. Feuerkugel bei Malmöe in Schonen, welche mit einem Knalle zersprang.

1664, 8. April. Feuerkugel in Sachsen.

1668, 19. oder 21. Juni. Im nördlichen Italien zog eine Feuerkugel von West nach Ost; aus ihr fielen im Veronesischen Steine herab (S. 162).

1676, 24. Jan., mit einem Knalle zerspringende Feuerkugel in der Schweiz; dasselbe geschah am 21. Febr.

1676, 31. März. Feuerkugel in Italien und Deutschland.

1676, 20. Sept. Feuerkugel in England.

1680, 22. Mai. Feuerkugel im nördlichen Deutschland.

1680, 17. Dec. Feuerkugel in Kurland, die von Ost nach West ging.

1682, im December. Feuerkugel in Sachsen.

1683, 12. Aug. Feuerkugel in Leipzig.

1684, 19. Mai. Feuerkugel bei Annaberg in Sachsen.

1684, 13. Nov. Zwischen Joachimsthal und Gottesgabe große Feuerkugel mit langem Schweife.

1684, 17. Nov. Feuerkugel in der Bretagne.

1686, 19. Juli. Feuerkugel in Leipzig.

1687, 22. Mai. Feuerkugel in Paris.

1688, 17. April. Feuerkugel mit langem wellenförmigen Schweife in Heilbronn.

1692, 9. April. Zu Temeswar ein Feuermeteor mit einem schrecklichen Knalle.

1700, 7. Januar. Große Feuerkugel in der Normandie, die von WNW. nach OSO. ging und zerplatzte.

1704, 4. Jan. Eine feurige Kugel fiel auf den Kirchthurm zu Quesnoy und sprützte als Feuerregen auf den umliegenden Platz.

1704, 25. Dec. Große Feuerkugel in Spanien, aus welcher nach heftiger Explosion bei Barcelona Steine fielen (S. 162).

1708, 31. Juli. Feuerkugel in England.

1709, 4. März. Feuerkugel in Lima in Peru.

1710, 17. Mai. Feuerkugel in England.

1711, 11. März. Feuerkugel in der Schweiz.

1717, 10. Aug. Feuerkugel in Schlesien, Polen, Preußen, Ungarn, Lausitz.

1718, 19. März. Erscheinung eines fast so hell wie die Sonne glänzenden Meteores; die Sterne erloschen vollständig; man sah den Mond fast nicht mehr, obschon er damals neun Tage alt war. Dem Verschwinden des Meteors folgte eine heftige Detonation. Die verticale Höhe des Phänomens während der ganzen Erscheinung betrug gegen 60 Meilen. Man hatte es 120 Meilen weit sehen können. Sein Durchmesser belief sich auf 2560 Meter; es bewegte sich mit

einer Geschwindigkeit von 2700 Meter in der Secunde. (Halley, Phil. Trans. 1718.)

1718, 24. März, fiel auf der Insel Lethy in Indien eine Feuerkugel; man fand dann eine gallertartige Masse (S. 177).

1719, 22. Febr. Eine von Ost nach West gehende Feuerkugel im nördlichen Italien, welche mit Krachen zersprang.

1719, 19. März. Sehr glänzende Feuerkugel in England, welche zwei Explosionen machte.

1719, 30. März. Große Feuerkugel in den Niederlanden.

1721, 26. Januar. Feuerkugel in der Schweiz.

1722, 1. Febr. Eine von SW. nach NO. gehende Feuerkugel in der Schweiz und im Elsaß.

1723, 6. Jan. Feuerkugel in Portugal, die mit schrecklichem Krachen zersprang.

1723, 22. Aug. Feuerkugel in Polen und Schlesien.

1725, 22. Oct. Feuerkugel in Maryland.

1726, 4. Febr. Feuerkugel in Regensburg.

1728, 29. März. Feuerkugel in der Lausitz, welche ihre Gestalt, Farbe und Bahn mehrmals änderte.

1728, 30. Mai. Feuerkugel zu Campo-Major in Portugal.

1728, 4. Dec. Feuerkugel in Nürnberg.

1729, 19. April. Feuerkugel zu Genf, deren Schweif 7 bis 8 Minuten sichtbar blieb.

1729, 2. Juni. Feuerkugel in der Schweiz.

1729, 23. Aug. Feuerkugel in Paris.

1729, 1. Oct. Feuerkugel in Schweden.

1729, 25. Nov. Große Feuerkugel in Toscana.

1730, 13. April. Feuerkugel zu Mons in Belgien.

1730, 17. Juli. Feuerkugel zu Neiße in Schlesien.

1730, 20. Aug. Von SW. nach O. gehende Feuerkugel in der Lausitz.

1731, 3. März. Feuerkugel zu Upsala.

1731, 12. März. Feuerkugel zu Halstead in der Grafschaft Essex in England, aus welcher, nachdem sie mit Explosion zersprungen, ein großer Stein fiel (S. 163).

1733, im August. In England eine von Ost nach West gehende Feuerkugel.

1734, 13. März. Feuerkugel mit einem Schweife in London.

1734, 9. Dec. Heftig explodirende Feuerkugel in Regensburg.

1736, 1. Oct. Große Feuerkugel in England.

1736, im October, eine mit Geräusch zerspringende Feuerkugel in Schlesien.

1737, 5. Dec. Eine Feuerkugel in England, Irland und auch in Venedig gesehen; zersprang mit schrecklichem Getöse.

1738, 13. Juli. Auf- und niederspringende Feuerkugel in Paris.

1738, 28. oder 29. Aug. Feuerkugel in England, die mit Krachen zersprang.

1739, 3. Juni. Von Süden nach Norden ziehende Feuerkugel in Cambridge in Nordamerika; der Donner der Explosion wurde angeblich an Orten gehört, welche 16 Meilen von einander entfernt waren.

1739, 2. Dec. Von Norden nach Süden gehende Feuerkugel in England.

1740, in der Nacht vom 23. zum 24. Febr. Feuerkugel zu Toulon, die mit heftigem Donner zerplatzte.

1741, 11. Dec. Feuerkugel in England mit heftiger Explosion.

1742, 24. Nov. Von SW. nach NO. gehende Feuerkugel in Nordamerika.

1742, 16. Dec. Feuerkugel mit langem Schweife in London.

1744, 7. Mai. Feuerkugel in Oxford.

1744, 27. Mai. Feuerkugel mit zugespitztem Schweife in London.

1745, 13. Oct. Feuerkugel mit Schweif in Bologna.

1749, 4. Nov. Feuerkugel auf dem atlantischen Meere.

1750, 9. Febr. In Schlesien von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel, die mit starkem Getöse in vier Stücke zersprang.

1750, 12. April. In Hamburg von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel.

1750, 7. Juni. Feuerkugel in Norwich in England.

1750, 22. Juli. Von N. nach S. gehende Feuerkugel in England.

1751, 26. Mai. Feuerkugel in Agram, Hannover und Neu-

stadt an der Aisch, aus welcher bei Hradschina im agramer Comitate zwei Eisenmassen herabfielen (S. 163).

1752, 19. Juni. Zu Nimes eine von Norden nach Süden gehende Feuerkugel.

1752, 25. Dec. Zu Glasgow eine von NO. nach SW. gehende Feuerkugel.

1753, 4. Nov. Mit Detonation zerplatzende Feuerkugel in Frankreich.

1754, 26. Febr. Feuerkugel in England.

1754, 15. Aug. Feuerkugel in England und Holland.

1755, 27. Nov. Große Feuerkugel von SW. nach NO. zu Weriö (?) in Schweden.

1756, 15. Jan. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel zu Milverton in Sommersetshire.

1756, 21. Jan. Feuerkugel in England, und ebenso am 26. Jan.

1756, 28. Febr. Feuerkugel zu Köln.

1756, 3. März. Feuerkugel in Frankreich.

1756, 29. April. Große Feuerkugel zu Newington in England.

1757, 18. Febr. Feuerkugel bei Rouen mit Schweif.

1757, 26. Febr. In Irland eine von W. nach O. gehende Feuerkugel mit Schweif.

1758, 26. Nov. Ueber England und Schottland eine von SO. nach NW. gehende Feuerkugel.

1758, 22. Dec. Feuerkugel zu Colchester.

1759, 4. Mai. Feuerkugel in Neufundland.

1759, 20. Oct. Feuerkugel in England, von Norden nach Süden gehend.

1760, 10. Mai. In Nordamerika eine von NW. nach SO. gehende Feuerkugel, welche drei Mal explodirte, wobei das Geräusch an 16 Meilen von einander entfernten Orten gehört wurde.

1761, 26. Jan. In der Gegend von Kopenhagen eine von Süden nach Norden gehende Feuerkugel.

1761, 3. Nov. Zu Withby in England von NO. nach SW. gehende Feuerkugel mit langem Schweife.

1761, 12. Nov. In Frankreich eine von NW. nach SO. gehende

Feuerkugel, die mit heftiger Explosion zersprang; im Dorfe Chamblan ward durch dieses Meteor ein Haus angezündet (S. 187).

1762, 30. April. Großes Feuermeteor in Schweden mit heftiger Explosion.

1762, 24. Juli. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel in Sachsen und Brandenburg, die mit einem 20 Meilen weit hörbaren Geräusche zersprang.

1762, 5. Dec. Feuerkugel mit langem Schweife in England.

1763, 13. Jan. In einem großen Theile von Schweden sichtbare, von N. nach SW. ziehende Feuerkugel, die heftig explodirte.

1763, 15. Jan. Feuerkugel mit langem Schweife zu Reading in England.

1763, 29. April. Feuerkugel in Paris.

1765, 11. Oct. Eine von NO. nach SW. ziehende, mit heftigem Gepolter zerspringende Feuerkugel in Sussex.

1766, 26. Oct. Eine von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel in England.

1771, 17. Juli. Große Feuerkugel in Frankreich und England.

1771, 9. Nov. Große Feuerkugel in Böringen auf der schwäbischen Alp.

1772, 10. Febr. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel mit zugespitztem Schweife in England.

1773, 29. Juli. Feuerkugel mit Schweif bei Crespi in Frankreich.

1773, 8. Aug. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel mit heftiger Explosion in England.

1776, 12. Mai. Feuerkugel in Mexico.

1776, 11. Juli. Heftig explodirende Feuerkugel zu Oxford.

1778, im Febr. Feuerkugel in Berlin.

1778, 26. Aug. Feuerkugel zu Sondrio im Veltlin, welche Sprünge und bei jeder Senkung eine Explosion machte.

1779, 8. März. Eine von O. nach W. gehende Feuerkugel in Frankreich (Dep. Ain).

1779, 5. Aug. Eine von NW. nach SO. gehende, mit heftigem Getöse zerspringende Feuerkugel in Peking.

1779, 31. Oct. Feuerkugel in Virginien.

1780, 11. April. Von NO. nach SO. ziehende Feuerkugel in England, die mit schrecklichem Getöse zerplatzte, worauf bei Beeston (S. 164) Steine niederfielen.

1782. In einer schönen Sommernacht sah man im nördlichen Italien eine von NO. nach SW. sich bewegende Feuerkugel, von welcher mit donnerartigem Getöse eine Steinmasse bei Turin (S. 164) niedergefallen ist.

1783, 18. Aug. Feuerkugel in England, Schottland, Frankreich, Rom.

1783, 4. Oct. Feuerkugel in England.

1784, 30. Juli. 8 Uhr Abends zog zu Prag ein feuriger Ball, ungefähr $1/8$ so groß wie der Mond, in der Richtung von OSO. nach WNW. durch die Luft.

1784, 11. Sept. Eine von SSO. nach NNW. ziehende Feuerkugel im nördlichen Italien.

1785, 10. Jan. Feuerkugel zu Valence.

1785, in der Nacht vom 31. Mai zum 1. Juni. Feuerkugel zwischen Florenz und Bologna.

1786, 10. April. Von NO. nach SW. gehende explodirende Feuerkugel zu Moura in Portugal.

1786, im Nov., sah man in der Nähe von Valladolid in Neu-Spanien zwei Nächte hintereinander explodirende Feuerkugeln.

1787, gegen Ende August. Feuerkugel zu Portsmouth in New-Hampshire in Nordamerika.

1787, 1. Sept. Feuerkugel in Edinburg.

1788, 17. Oct. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Connecticut und New-York.

1789 an einem Sonnabend wurde eine Feuerkugel in der Gegend von Worms gesehen.

1790, 24. Juli. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel zu Juliac in Frankreich, nach deren Explosion Steine herabfielen (S. 164.)

1792, 18. April. Feuerkugel zu Lima.

1792, im September. Große Feuerkugel in Mainz.

1794, 16. Juni. Feuerkugel bei Siena mit langem Schweife; nach heftiger Explosion fielen Steine herab (S. 164).

1796, 8. März. Große Feuerkugel in der Lausitz, Sachsen, Brandenburg, Schlesien und Böhmen.

1797, 13. Juli. Feuerkugel in Göttingen.

1798, 8. oder 12. März. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife in Genf; nach ihrem Zerplatzen fiel bei Sales, nicht weit von Villefranche, ein Stein herab (S. 165).

1798, 28. Juli. Explodirende Feuerkugel in England.

1798, 22. Sept. Von W. nach O. ziehende große Feuerkugel in England.

1798, 20. Nov. Feuerkugel in England.

1798, 13. Dec. Große Feuerkugel, aus welcher bei Benares in Hindostan Steine herabfielen (S. 165).

1799, 2. Nov. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel zu Pocklington in England.

1799, 7. Nov. Feuerkugel zu S. Louis de Potosi in Mexico.

1799, 12. Nov. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in England.

1800, 1. April. Feuerkugel und Steinfall in der Grafschaft Essex in England (S. 165).

1800, 5. April. Von SW. nach NO. gehende Feuerkugel bei Baton-rouge in Nordamerika.

1800, 8. Aug. Feuerkugel in Nordamerika.

1800, im August. Zwei kleine Feuerkugeln in Halle.

1801. Feuerkugel auf Ile de France, worauf Steine auf der Ile des Tonneliers fielen (S. 165).

1801, 19. Juni. Feuerkugel zu Halle.

1801, im August. Von S. nach N. gehende Feuerkugel im Dep. de l'Ain in Frankreich.

1801, 23. Oct. Feuerkugel in Colchester.

1802, 10. Aug. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Quedlinburg.

1803, 26. April. Von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel im Dep. de l'Orne; nach der Explosion fielen Steine bei Aigle (S. 165).

1803, 4. Juli. Feuerkugel und Meteorsteinfall zu East-Norton in England (S. 165).

1803, im Juli. Feuerkugel mit Explosion in Bologna.

1803, 22. Sept. Feuerkugel in Genf und Befort.

1803, 10. Oct. Feuerkugel auf dem atlantischen Meere. (Krusenstern.)

1803, 6. oder 13. Nov. Feuerkugel in England.

1803, 16. Nov. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in Genf.

1803, 13. Dec. Feuerkugel zu Ekaterinenburg.

1803, 16. Dec. Von O. nach W. gehende Feuerkugel zu Schwarzenberg.

1804, 15. April. Von S. nach N. ziehende Feuerkugel in Genf und Neufchatel.

1804, 29. Juli. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Frankfurt a. O.

1804, 19. Aug. Feuerkugel in Oldenburg.

1804, im September. Feuerkugel in Turnbridge in England.

1804, 10. oder 12. Sept. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel in Weimar, Jena, Leipzig.

1804, 2. Dec. Große Feuerkugel mit Explosion in Finnland.

1805, 1. Febr. Morgens 4 Uhr. Von WSW. nach ONO. gehende Feuerkugel mit Explosion in Sachsen; am Abend desselben Tages Feuerkugel in Halle und Frankfurt a. O.

1805, 21. Juli. Feuerkugel in London.

1806, 11. Febr. Feuerkugel in Stockholm.

1806, 17. Juli. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in England.

1806, 23. Sept. Explodirende Feuerkugel in Weimar.

1806, 28. Sept. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel zwischen Memmingen und Lindau.

1806, 22. Dec. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in Northamptonshire in England.

1807, 6. März. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel mit langem Schweife in Genf und Glasgow.

1807, 9. Aug. Feuerkugel in Nürnberg.

1807, im September. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Jütland und Fühnen.

1807, 14. Dec. Feuerkugel in Connecticut, welche den Steinfall bei Weston (S. 165) verursachte.

1808, 21. Mai. Feuerkugel mit Explosion zu Ferentino im Kirchenstaate.

1808, 29. Mai. Feuerkugel mit Schweif in der Nähe des Cap Spartel.

1808, 4. Juni. Feuerkugel in Dessau.

1808, 29. Juli. Feuerkugel zu Troston in England.

1808, 15. Aug. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Wien.

1808, 11. Nov. Feuerkugel in England.

1808, 29. Dec. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Bern.

1809, 29. Juli. Feuerkugel mit Explosion zu Neuwedel in der Neumark.

1809, 28. Aug. Zerspringende Feuerkugel in Parma.

1809, 12. Oct. Feuerkugel in London.

1809, 29. Nov. Feuerkugel in München.

1810, 3. Jan. Feuerkugel in Genf und Bern.

1810, in der Nacht vom 20. zum 21. April. Feuerkugel zu Santa-Rosa in Neugranada, die stark leuchtete und die Erde in der Richtung von NO. nach SW. zu streifen schien; sie verursachte einen Steinfall (S. 166).

1810, 23. Nov. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife in Frankreich; nach ihrem Zerplatzen fielen Steine bei Charsonville (S. 166).

1810, 30. Dec. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel in Grönland.

1811, 18. Febr. Feuerkugel zu Olmütz.

1811, 15. Mai. Feuerkugel in Frankreich und Deutschland.

1811, im Juli. Feuerkugel in Heidelberg.

1812, 28. Januar. Von N. nach S. gehende Feuerkugel mit langem Schweife in Baden und der Schweiz.

1812, 30. Jan. Explodirendes Feuermeteor in Louisville in Kentucky.

1812, 10. April. Feuerkugel in Perigueur, fast von der Größe des Mondes, die bei Toulouse einen Steinfall veranlaßte (S. 166).

1812, 15. April. In Dessau Feuerkugel in der Richtung von SO. nach NW., und Steinfall bei Erxleben (S. 166).

1812, 23. Aug. Feuerkugel in Utrecht.

1812, 13. Sept. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel zu San Christoval bei Segovia.

1812, 15. Nov. Feuerkugel mit Schweif in Carlsruhe, Salzburg, Wien, Böhmen.

1813, 27. Jan. Feuerkugel in Brünn.

1813, 21. März. Feuerkugel in New-Haven in Connecticut.

1813, 8. Nov. Feuerkugel in England.

1814, 27. Jan. Explodirende Feuerkugel in Augsburg und München.

1814, 19. April. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel mit langem Schweife (in Berlin?).

1814, 29. Juli. Explodirende Feuerkugel auf dem Genfersee.

1814, 8. Sept. Feuerkugel in Augsburg.

1814, 18. Oct. Feuerkugel in Deutschland.

1814, 9. Nov. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Moskau.

1814, 2. Dec. Feuerkugel in London.

1815, 30. April. Feuerkugel mit Explosion in Florenz.

1815, 10. Mai. Von SO. nach NW. gehende Feuerkugel in Worcester in England.

1815, 16. Sept. Feuerkugel mit Explosion in Göttingen und Gotha.

1815, 29. Sept. Feuerkugel in London.

1816, 8. oder 9. Jan. Feuerkugel in Pesth.

1816, 23. März. Große von N. nach S. gehende Feuerkugel mit Explosion in Berkshire und zu Oxford.

1816, 7. Aug. Von S. nach N. gehende Feuerkugel mit Explosion zu Nagybanya in Ungarn.

1816, 13. Aug. Feuerkugel in Schottland.

1816, 20. und ebenso 21. Dec. Feuerkugel in Pesth.

1817, in der Nacht vom 2. zum 3. März. Zerspringende Feuerkugel zu Gothenburg und Odensee in Fühnen, die wahrscheinlich einen Steinfall zur Folge gehabt hat (S. 167).

1817, 18. März. Heftig explodirende Feuerkugel im Dep. du Lot-et-Garonne.

1817, 10. April. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel mit Explosion zu Tabor in Böhmen.

1817, 27. April. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel im westlichen Deutschland.

1817, 8. Sept. Feuerkugel in England.

1817, 17. Oct. Feuerkugel zu Aachen.

1817, 19. Nov. Feuerkugel zu Rochelle.

1817, 8. Dec. Feuerkugel mit Explosion zu Ipswich in England.

1818, 28. Jan. Feuerkugel mit Schweif in Campbell Town beim Fort St. George in Schottland.

1818, 6. Febr. Mit Getöse explodirende Feuerkugel in England.

1818, 15. Febr. Abends 6 Uhr hat man in Limoges, Bordeaux, La Réole, Agen, Rodez, Montauban, Toulouse, Pau bei fast heiterm Himmel eine große Feuerkugel gesehen; der verschleierte Mond verbreitete nur schwaches Licht. Das Meteor nahm seinen Lauf von S. nach N. und ließ einen zickzackförmigen leuchtenden Schweif hinter sich. Als es erlosch, bemerkte man an seiner Stelle einen weislichen Dampf. Einige Augenblicke später hörte man eine heftige Explosion. Vielleicht hat diese Feuerkugel einen Meteorsteinfall verursacht (S. 167).

1818, 2. März. Feuerkugel in 22° 2′ südl. Br. und 289° 40′ L. von Greenwich.

1818, 17. Juli. Explodirende Feuerkugel in Nordamerika.

1818, 5. Aug. Feuerkugel zu Chelmfort in England.

1818, 6. Sept. Explodirende Feuerkugel zu Breteuil (Dep. Oise).

1818, 14. Sept. Feuerkugel in England.

1818, 31. Oct. Feuerkugel zu Mehadia im Banate.

1818, 13. Nov., und ebenso am 17. Nov. Feuerkugel zu Gosport in England.

1818, 18. Dec. Von N. nach S. ziehende Feuerkugel in Halle.

1818, in der Nacht vom 21. zum 22. Dec. Feuerkugel in Fühnen.

1819, 2. oder 3. Febr. Feuerkugel bei Canterbury und Beckley in Sussex.

1819, 5. Mai. 12½ Uhr Mittags ward zu Aberdeen in Schottland bei hellem Sonnenscheine und wolkenlosem Himmel ein Feuerball mit kurzem Schweife gesehen; fünf Minuten nach seinem Erscheinen zersprang er mit starkem Donner und ließ dicken Rauch zurück, der hernach eine weiße Wolke bildete. Dasselbe Phänomen wurde in vielen Dörfern Schottlands beobachtet. (Royal Institution. Juli 1819.)

1819, 5. Juni. Ein merkwürdiges Meteor zeigte sich bei Lowisk in der Nachbarschaft von Berwick fünf Minuten nach Mittag bei hellem Sonnenscheine und wolkenlosem Himmel. Im Momente seines Sichtbarwerdens hatte es die Form eines Balles; später würde man dasselbe mit einem flammenden, nach der Erde gerichteten Degen verglichen haben. (Royal Institut., Juli 1819.)

1819, 24. Juli. Feuerkugel zu Youngstown in Ohio.

1819, 6. Aug. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel in Mähren.

1819, 13. Aug. Abends fiel zu Amherst in Massachusets in den Vereinigten Staaten eine schmierige übelriechende Masse (S. 179) mit einer kleinen Feuerkugel herab.

1819, 20. Aug. Feuerkugel in der Gegend von Rottweil und Chambéry.

1819, 1. Oct. Feuerkugel zu Tottenham in England.

1819, 24. Oct. Feuerkugel in Antwerpen und dem nördlichen England.

1819, 13. Nov. Feuerkugel in Port au Prince auf Haiti, von NO. nach SW. ziehend.

1819, 14. Nov. Feuerkugel in Böhmen.

1819, 21. Nov. Explodirende Feuerkugel in Massachusets, Baltimore und Maryland.

1820, 18. April. Feuerkugel zu Augsburg.

1820, in der Nacht vom 10. zum 11. Mai. Feuerkugel mit heftiger Explosion bei Coblenz.

1820, 30. Juli. Feuerkugel in Brünn.

1820, 12. Oct. Feuerkugel in der Kirgisensteppe.

1820, 29. Nov. Feuerkugel in Neapel mit Steinfall in Calabrien (S. 168).

1820, 9. Dec. Feuerkugel mit Explosion zu Tumea in der Mongolei.

1821, 12. Febr. Feuerkugel in Breslau.

1821, 28. April. Feuerkugel in Leipzig.

1821, 16. Mai. Feuerkugel in München.

1821, 20. Aug. Feuerkugel auf St. Thomas in Westindien.

1821, 7. oder 8. Sept. Feuerkugel in Böhmen und der Lausitz.

1821, 7. Oct. Feuerkugel in der Mark und Sachsen.

1821, 30. Oct. Feuerkugel in Marienwerder.

1821, 30. Nov. Feuerkugel in Delitzsch bei Leipzig.

1821, 1. Dec. Feuerkugel in Leipzig.

1821, 2. Dec. Feuerkugel an mehreren Orten in Sachsen, der Lausitz und Schlesien; in Görlitz zog sie von SW. nach NO. An demselben Abende Feuerkugel zu Brighton in England.

1821, 3. Dec. Feuerkugel in Weimar.

1821, 4. Dec. Feuerkugel in Görlitz.

1821, 11. Dec. Feuerkugel in England.

1821, 18. Dec. Feuerkugel in Neapel.

1821, 24. Dec. Feuerkugel im nördlichen Deutschland.

1821, 25. Dec. Feuerkugel bei Rothenburg in der Oberlausitz.

1821, 26. Dec. Feuerkugel in Weimar.

1822, 11. Jan. Von N. nach S. ziehende explodirende Feuerkugel in Gumbinnen.

1822, 14. Jan. Feuerkugel mit starker Explosion zu Heiligenstadt im Eichsfelde, Hannover und Coblenz.

1822, 25. Jan. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel in Preußen.

1822, 6. Febr. Feuerkugel bei Roßitz in Mähren.

1822, 7. Febr. Explodirende Feuerkugel bei Landshut in Baiern.

1822, 9. Febr. Feuerkugel in Leipzig und Mähren.

1822, 1. März. Feuerkugel in Brünn.

1822, 31. März. Feuerkugel mit Schweif bei Leipzig.

1822, 9. April. Feuerkugel 5 Uhr Morgens bei Halberstadt; an demselben Tage Abends 9 Uhr zu Rodez bei Avignon.

1822, 9. Juni. Feuerkugel zu London, Poitiers, Angers mit starker Explosion und Steinfall zu Angers (S. 168). — An demselben Tage von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Mähren.

1822, 13. Juni. Feuerkugel in Christiania.

1822, 17. Juni. Feuerkugel in Leipzig und Danzig.

1822, 19. Juni. Feuerkugel in Hamburg.

1822, 28. Juli. Feuerkugel in Brünn.

1822, 6. Aug. Feuerkugel in Paris, la Rochelle in Frankreich, und Southampton in England.

1822, 7. Aug. Feuerkugel zu Iglau in Mähren.

1822, 11. Aug. Feuerkugel in Lüttich und Coblenz.

1822, 23. Aug. Feuerkugel zu Czernikau im Regierungsbezirk Bromberg und in Posen.

1822, 1. Sept. Von O. nach W. gehende, heftig explodirende Feuerkugel zu Fort-Royal auf Martinique.

1822, in der Nacht vom 27. zum 28. Oct. Feuerkugel im berleburger Kreise.

1822, 28. Oct. Feuerkugel bei Silverhilly in England.

1822, 11. Nov. Zwischen 5 und 6 Uhr Abends von O. nach W. ziehende Feuerkugel zwischen Wittenberg und Kemberg; an demselben Abende zwischen 10 und 11 Uhr eine ebenfalls von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Freiberg und Zschopau.

1822, 12. Nov. Mehrere Feuerkugeln in Potsdam und Taucha bei Leipzig.

1822, 15. Nov. Feuerkugel in Apenrade.

1822, 21. Dec. Von SW. nach NO. ziehende, explodirende Feuerkugel zu Brünn und Roßitz.

1823, 24. Jan. Feuerkugel zu Gosport in England.

1823, 2. April. Feuerkugel zu Mannheim.

1823, 6. April. Feuerkugel zu Berlin und Neustadt-Eberswalde.

1823, 9. April. Feuerkugel zu Potsdam.

1823, 2. Mai. Feuerkugel in Northumberland.

1823, 20. Mai. Feuerkugel zu Ragusa.

1823, 23. Mai. Feuerkugel in Kiel und Kopenhagen. — An demselben Tage Feuerkugel in Altenburg.

1823, 30. Juli. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel in Leipzig.

1823, 9. Aug. Von NO. nach SW. gehende Feuerkugel zu Gingen in Würtemberg.

1823, 12. Aug. Feuerkugel in Tübingen.

1823, 19. Aug. Feuerkugel in München.

1823, 3. Oct. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel in Königsberg.

1823, 6. Dec. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zwischen Mastricht und Aachen.

1824, 3. Febr. Von S. nach N. gehende Feuerkugel im görlitzer und löwenberger Kreise.

1824, 1. März. Feuerkugel in Berlin.

1824, 17. April. Feuerkugel in England.

1824, 9. Juni. Feuerkugel in Leipzig und Halle.

1824, in der Nacht vom 11. zum 12. Aug. Feuerkugel in den Alpen und Toscana.

1824, 13. Sept. Feuerkugel in St. Petersburg.

1824, in der Nacht vom 13. zum 14. Nov. Feuerkugel in Mainz.

1824, 16. Nov. Feuerkugel in Bonn.

1824, 27. Nov. 5 Uhr 4 Min. Abends von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel im berauner Kreise in Böhmen; an demselben Abende $7^1/_2$ Uhr von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Erlangen.

1824, 10. Dec. Feuerkugel zu le Mans, von O. nach W. ziehend.

1824, 15. Dec. Explodirende Feuerkugel zu Magdeburg.

1824, 17. Dec. Große Feuerkugel mit Explosion in Böhmen.

1825, 2. Jan. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel bei Valderno in der Gegend von Arezzo.

1825, 17. Jan. Feuerkugel zu Bromberg.

1825, 24. Jan. Feuerkugel zu Königsberg.

1825, 3. Febr. Von O. nach W. gehende Feuerkugel in Nürnberg.

1825, 4. Febr. Von SW. nach NO. ziehende Feuerkugel in Kassel.

1825, 7. Febr. Feuerkugel in Kassel.

1825, 28. Juli. Feuerkugel in Frankfurt a. M., Bamberg und Hannover.

1825, 3. Aug. Von W. nach O. gehendes Feuermeteor zu Meidling und Döbling in Oesterreich (unter der Enns).

1825, 22. Aug. Von S. nach N. gehende Feuerkugel in Utrecht und Amsterdam.

1825, 20. Sept. Feuerkugel in Leipzig und Hannover.

1825, 24. Sept. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel in Leipzig.

1825, 17. Oct. Explodirende Feuerkugel in Prag.

1825, 19. Oct. Feuerkugel in Berlin.

1825, 22. Oct. Feuerkugel in Hörter.

1825, 4. Nov. und ebenso 5. Nov. Feuerkugel in Halle.

1825, 9. Nov. Von NW. nach SO. ziehende Feuerkugel im pilsener Kreise in Böhmen.

1825, 14. Nov. Von O. nach W. gehende Feuerkugel zu Leith.

1825, 1. Dec. Feuerkugel in Berlin.

1825, 10. Dec. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Halle.

1825, 18. Dec. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel in Frankfurt a. M.

1826, 14. Febr. Feuerkugel zu Campo de Criptana in la Mancha in Spanien.

1826, 14. April. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zwischen Paisley und Glasgow.

1826, 21. Juli. Feuerkugel in Heidelberg.

1826, 29. Jul. Feuerkugel zwischen Varela und Florida in Spanien.

1826, 3. Aug. 5 Uhr Abends von SW. nach NO. gehende Feuerkugel zu Frankenstein in Schlesien, und um $10\frac{1}{2}$ Uhr Abends eine von ONO. nach WSW. ziehende in Lützschena bei Leipzig.

1826, 8. Aug. Feuerkugel zu Odensee.

1826, 11. Aug. und ebenso am 4. Sept. Feuerkugel zu Halle.

1826, 6. Sept. Feuerkugel zwischen Halle und Könnern.

1826, 13. Sept. Feuerkugel in Bordeaux.

1826, in der Nacht vom 6. bis 7. Nov. sehr viele Feuerkugeln auf Teneriffa.

1826, 31. Dec. Feuerkugel im Lippeschen.

1827, 21. Mai. Feuerkugel zu Laytonstone bei Greenwich.

1828, 18. Jan. Feuerkugel in Gotha.

1828, 11. Febr. Feuerkugel mit Schweif zwischen New-York und Long-Island.

1829, 26. Aug. Feuerkugel in Parma.

1829, 26. Sept. Feuerkugel in Bremen und Düsseldorf.

1829, 19. Nov. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel mit Schweif und Herabfallen einer nicht näher beschriebenen Masse (Seite 169) bei Prag.

1830, 14. März. Von SO. nach NW. ziehende Feuerkugel in Freiberg.

1830, in der Nacht vom 12. zum 13. Dec. wurden bei Heiligenstadt auf dem Eichsfelde in kurzer Zeit an 40 Feuerkugeln bemerkt, welche bei ihrem Entstehen einen Blitz verbreiteten und sich mit zischendem Geräusche südöstlich bewegten, sich öfters durchkreuzten und beim Niederfallen den Schein eines Sternes von sich gaben. Mehrere von ihnen verbreiteten beim Zerstieben Regenbogenfarben.

1831, 1. Jan. Explodirende Feuerkugel zu Storkyro in Finnland.

1831, 12. Jan. Feuerkugel zu Breslau.

1831, 28. Jan. Feuerkugel zu Gotha.

1831, 19. Oct. Von NW. nach SO. gehende Feuerkugel zu Höpfigheim im würtembergischen Oberamte Marbach.

1831, 13. Nov. 6 Uhr Morgens. Feuerkugel in Ulm, München, Stuttgart, Insbruck.

1831, 26. Nov. Feuerkugel zu Sögel im Arensbergischen.

1831, 29. Nov. Feuerkugel von der Größe des Mondes in der Gegend von Hildburghausen.

1831, 8. Dec. Feuerkugel in England.

1832, 2. Jan. Feuerkugel in Berlin und Bordeaux.

1832, 7. Febr. Feuerkugel zu Lauenburg.

1832, 15. März. Von W. nach O. gehende Feuerkugel zu Berlin.

1832, 31. Mai. Feuerkugel in Riga.

1832, 29. Juni. Feuerkugel in Brest; und in der Nacht vom 29. zum 30. Juni Feuerkugel in 49° 10′ n. Br. und 5° 45′ w. L.

1832, 6. Oct. Feuerkugel in Berlin.

1832, 13. Oct. Feuerkugel in Ulm.

1832, 24. Oct. Feuerkugel zu Grünewald.

1832, in der Nacht vom 19. bis 20. Nov. Feuerkugeln in England.

1832, 30. Dec. Feuerkugel in Bonn.

1833, 19. April. Feuerkugel in Nürnberg und Prag.

1833, 20. Mai. Feuerkugel in Chichester.

1833, 2. Oct. Feuerkugel in Hildburghausen.

1833, in der Nacht vom 12. bis 13. Nov. viele Feuerkugeln und Sternschnuppen.

1833, 20. Nov. Von NO. nach SW. ziehende Feuerkugel in Preßburg.

1834, 30. Jan. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Coringham bei Gainsborough.

1834, 10. März. Feuerkugel mit Explosion zu Hirschberg in Schlesien.

1834, 10. Aug. Feuerkugel in Brüssel. (Quetelet.)

1834, 2. Oct. Abends kurz vor 7 Uhr bemerkte man zu Köln am nordöstlichen Himmel in der Nähe des Sternes Algenib im Perseus eine prächtige Feuerkugel von blendend weißem Lichte, an Glanz und Größe den Jupiter übertreffend. Mit ziemlicher Geschwindigkeit bewegte sie sich in nördlicher Richtung fast mit dem Horizonte parallel und verschwand plötzlich nach ungefähr 2 Secunden in der

Nähe des Sternes η in der Giraffe, nachdem sie sich kurz zuvor in zwei Hälften getheilt hatte.

1835, 13. Jan. Von W. nach O. gehende Feuerkugel in Berlin.

1835, 6. Febr. Feuerkugel von ungewöhnlicher Größe in Parma.

1835, 22. März. Feuermeteor mit Explosion in der Grenzfestung Troizkosaffsk.

1835, 13. Juni. Feuerkugel in Königsberg.

1835, 17. Juli. 8½ Uhr Abends sah man in Mailand eine große weiße, hellleuchtende Feuerkugel von der Größe einer Kanonenkugel, mit einem lang nachschleppenden Funkenschweife, welche am nördlichen Himmel ihre Richtung von O. nach W. nahm. Ebendiese Feuerkugel erschien in Stuttgart und Bonfeld bei Heilbronn am südlichen Himmel, doch hatte sie hier nur die scheinbare Größe einer Billardkugel. Die Stücke fielen nach der Explosion mit ausnehmend glänzenden Strahlen zur Erde nieder. Wenige Minuten nach dem Verschwinden hörte man in Mailand einen dumpfen Knall; in Würtemberg war der Knall wie von einer Kanone. Die Entfernuug von Mailand bis Heilbronn beträgt etwa 55 Meilen; die Explosion ist also wenigstens in einem Raume gehört, dessen Halbmesser 30 Meilen betrug.

1835, 18. Juli. Feuerkugel in Aarhuus, die einen Flammenschweif hinter sich zog, bis sie in mehrere Lichtkugeln zersprang [3]).

1836, 12. Febr. 6 Uhr 27 Min. Morgens wurde zu Cherbourg in östlicher Richtung eine Feuerkugel wahrgenommen. In ihrer Form glich sie einem großen brennenden Balle; ihr scheinbarer Durchmesser erreichte fast den der Vollmondscheibe; ihr purpurfarbiges Licht verbreitete eine so starke Helligkeit, daß der Horizont wie glühend erschien und man in den Straßen, obwohl es nicht Tag war, hätte lesen können. In diesem Feuerballe bemerkte man deutlich eine sehr dunkle Höhlung, aus welcher blasser Rauch mit Funken gemischt hervorquoll. Er war von einer Dampfhülle umgeben, die ein ziemlich breites Band bildete, und deren weißliche Farbe an einer einzigen Stelle nur durch den starken Dampf, welchen das Meteor ausstieß, verdunkelt war. Das Meteor schien nur 200 oder 300 Meter über dem Gipfel der Hügel zu sein, oberhalb deren es gesehen wurde. Im

Augenblicke seines Sichtbarwerdens in Cherbourg durchlief es kaum 1/4 Meile in der Minute und zeigte eine deutliche Rotationsbewegung um seine Axe; es schien selbst einen Augenblick still zu stehen, als ob es unschlüssig wäre, welchen Weg es einschlagen sollte; darauf entfernte es sich pfeilgeschwind, indem es ein schwaches Knacken in der Luft erzeugte, und fiel dann ungefähr 12 Meilen von dort, in der Nähe eines Morastes, in der Gemeine Orval (Arrondissement Coutances), wo es unter Erzeugung eines dem Abfeuern mehrerer Kanonen ähnlichen Lärmes und unter Verbreitung eines starken schwefligen Geruches verschwand. Auf seinem in der Atmosphäre durch einen langen graulichen Streifen bezeichneten Wege zog dasselbe einen weißen Schweif nach sich, der in seiner Breite vorn dem Durchmesser der die Kugel umgebenden Dampfhülle gleich kam, und sich mit gradliniger Begrenzung nach hinten zuspitzte, so daß er vollkommen die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks darbot. (Brief Vérusmor's an Arago, Compt. rend. de l'Acad. des scienc. Bd. 2.)

1837, in der Nacht vom 4. zum 5. Jan. wurde in Frankreich zu Vesoul, Cusset bei Vichy, und Niederbronn eine von N. nach S. fliegende Feuerkugel, die einen langen Schweif hinter sich zog, beobachtet. Die an den Orten, wo sie sichtbar war, gemachten Beobachtungen haben Herrn Petit, Director der Sternwarte zu Toulouse, in den Stand gesetzt, ihre Entfernung von der Erde, ihre wirkliche Geschwindigkeit und ihren wahren Durchmesser zu berechnen; er fand den Durchmesser 2200 Meter, den in einer Secunde durchlaufenen Weg 5200 Meter und den Abstand von der Oberfläche der Erde ungefähr 34 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19 u. 32.) Dieselbe Feuerkugel wurde auch bei Basel, in München und Hildburghausen gesehen.

1839. Feuerkugeln am 6. Febr., 6. Juli, 13. Sept., 6. und 10. Nov. zu Parma; am 6. Juni in Frankreich und der Schweiz; am 10. Sept. zu Gent; am 4. Oct. zu Piacenza; am 1. Nov. in Rußland. (Quetelet.)

1840. Feuerkugeln am 6. und 7. Febr. zu Brüssel und Löwen; am 8. Febr. in der Nähe von Kopenhagen; am 28. April, 23. und 31. Mai zu Parma: am 3. Aug. in Frankreich; am 7. Aug. in Neapel; am 29. Oct. in Brüssel; am 29. Dec. in Rußland. (Quetelet.)

1840, 2. Nov. Feuerkugel in Evreux. (Compt. rend. Bd. 11.)

1840, 30. Nov. Feuerkugel in Chartres, von Chasles beobachtet; sie nahm ihren Lauf von W. nach O. und zersprang, indem sie einen lebhaften Glanz wie ein römisches Licht verbreitete. (Compt. rend. Bd. 11.)

1841. Feuerkugeln in Frankreich am 25. Febr., 21. März und 13. Juni; in Paris am 8. Sept.; in Montargis am 16. Mai; in Blois am 4. oder 5. Juli; zu Bayonne am 29. Sept.; zu Parma am 27. Febr., 8. März, 22. März und 6. Nov.; zu Genf am 24. März, 30. März und 20. Juli; zu Brüssel am 13. Mai; zu Corfu am 20. Aug. (Quetelet.)

1841, 9. Febr. Feuerkugel zu Paris, Agen, Toulouse, Carcassonne und Pau von der Größe einer Kanonenkugel; ihr Abstand von der Erde betrug nach der Berechnung von Petit 19 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19.)

1841, 9. Juni. Von SO. nach NW. gerichtete Feuerkugel zu St. Rambert (Dep. Ain). (Compt. rend. Bd. 13.)

1841, 18. Aug. Feuerkugel in Paris und Reims. Ihr wahrer Durchmesser betrug nach Petit's Berechnung 3900 Meter, und ihr Abstande von der Erde im Augenblicke des Verlöschens 91 Meilen. (Compt. rend. Bd. 19.)

1841, 8. Oct. Prächtige Feuerkugel mit Lichtschweif in Dijon; ihr scheinbarer Durchmesser war von der Größe der Mondscheibe. (Compt. rend. Bd. 13.)

1842, 3. Juni. Feuerkugel in Mende, Toulouse und Montpellier, von NW. nach SO. gehend; ihr Abstand von der Erde betrug nach Petit's Berechnung im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 37 Meilen, und 2$^1/_2$ Meilen im Augenblicke ihres Verlöschens; ihre Geschwindigkeit belief sich auf 9 Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 16.)

1842, 5. Dec. Feuerkugel zu Epinal (Dep. der Vogesen) mit Meteorsteinfall (S. 170).

1844, 10. Sept. Feuerkugel zu Benfeld (Dep. Unterrhein), Hasselt und Brügge. (Compt. rend. Bd. 19.)

1844, 8. Oct. Von SSW. nach NNO. ziehende Feuerkugel

in der Nähe von le Puy (Dep. Haute-Loire) mit kleinem Lichtschweife. (Compt. rend. Bd. 19.)

1844, 27. Oct. Feuerkugel zu Parcé (Dep. Sarthe) und zu le Blanc (Dep. Indre), die nach Petit's Berechnungen eine Geschwindigkeit von 9 Meilen in der Secunde besaß, im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 64 Meilen und im Augenblicke ihres Verlöschens $1\frac{1}{2}$ Meile von der Erde entfernt war. (Compt. rend. Bd. 19 u. 20.)

1844, 12. Dec. Von N. nach S. gehende Feuerkugel zu Limour. (Compt. rend. Bd. 20.)

1846, 10. Febr. Außerordentlich große Feuerkugel zu Caraman (Dep. der obern Garonne). (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 21. Febr. Feuerkugel zu Collioure (Dep. Ostpyrenäen), bestehend aus zwei großen leuchtenden Bällen, die sich fast zu berühren schienen und in der Richtung von NO. nach SW. ihren Lauf nahmen. (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 1. März. Von O. nach W. ziehende Feuerkugel zu Toulouse. (Compt. rend. Bd. 22.)

1846, 21. März. Von S. nach N. gehende Feuerkugel in dem Dep. der obern Garonne und des Ariége. Nach Petit betrug ihr Abstand von der Erde ungefähr $1\frac{1}{2}$ Meile, und ihre Geschwindigkeit fast 1 Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 22 und 23.)

1846, 23. Juli. Feuerkugel zu Toulouse, Cazères, Auch und Pau; nach Petit war sie von der Erde $5\frac{1}{2}$ Meilen entfernt, besaß einen wirklichen Durchmesser von 98 Meter und bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 1 Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 25.)

1846, 9. Oct. Feuerkugel zu Paris und la Ferté-sous-Jouarre (Dep. Seine et Marne). Ihr scheinbarer Durchmesser glich dem der Mondscheibe, und ihr Lauf war längs des Meridians gegen S. gerichtet. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 9. Oct. Feuerkugel in der Nähe von Paris, zu Chartres, Orleans und Troyes, die fast von O. nach W. zog und mit Explosion verschwand. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 17. Oct. Von W. nach O. ziehende Feuerkugel zu Dijon (Dep. Côte d'Or) und zu Hanau. (Compt. rend. Bd. 23.)

1846, 9. Nov. Feuerkugel zu Dijon. (Compt. rend. Bd. 23.)

1847, 29. Juni. Feuerkugel zu Parma. (Colla.)

1847, 17. Aug. Feuerkugel zu Paris. (Compt. rend. Bd. 25.)

1847, 19. Aug. Feuerkugel zu Paris und Dieppe mit leuchtendem Schweife. Nach Petit betrug ihr Abstand von der Erde im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens 27 Meilen, und $8^1/_2$ Meilen im Augenblicke ihres Verlöschens; ihre absolute Geschwindigkeit stieg auf $8^1/_2$ Meile in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 25.)

1848, 22. Febr. Feuerkugel zu Paris. (Compt. rend. Bd. 26.)

1850, 31. Jan. Feuerkugel zu Cherbourg mit leuchtendem Schweife. (Compt. rend. Bd. 30.)

1850, 5. Juni. Feuerkugel zu Paris, Rouen, Caen, Provins, Meaux, le Havre u. a. O. Nach Petit war sie von der Erde 6 bis 7 Meilen entfernt, bewegte sich mit einer relativen Geschwindigkeit von 3 Meilen, und mit einer absoluten Geschwindigkeit von $5^1/_2$ Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 36.)

1850, 6. Juni. Feuerkugel zu Dijon mit einer Explosion, die in einem Kreise von mehr als 12 Meilen Halbmesser gehört wurde. (Compt. rend. Bd. 31.)

1850, 22. Juni. Feuerkugel mit Explosion zu Oviedo in Spanien. (Compt. rend. Bd. 31.)

1850, 6. Juli. Von NNW. nach SSO. ziehende Feuerkugel zu Bordeaux und Toulouse. Bei ihrem Sichtbarwerden war sie nach Petit 32 Meilen und bei ihrem Verlöschen 16 Meilen von der Erde entfernt; ihr wahrer Durchmesser betrug 215 Meter und ihre absolute Geschwindigkeit $9^1/_2$ Meilen in der Secunde. (Compt. rend. Bd. 35.)

1850, 8. Juli. Feuerkugel zu Toulouse. (Compt. rend. Bd. 31.)

1851, 21. Aug. und ebenso 18. Nov. Feuerkugel zu Cherbourg. (Compt. rend. Bd. 33.)

1852, 2. April. Feuerkugel zu Toulouse. Nach Petit's Berechnung betrug ihr Abstand von der Erde ungefähr 2 Meilen, ihr wirklicher Durchmesser 32 Meter, ihre absolute Geschwindigkeit im Raume $3^1/_2$ Meilen in der Secunde, und ihre relative Geschwindigkeit in Bezug auf den Mittelpunkt der Erde $1^3/_4$ Meilen. (Compt. rend. Bd. 35.)

1852, 11. Mai. Von S. nach N. ziehende Feuerkugel zu Dieppe. (Compt. rend. Bd. 34.)

1852, 5. Oct. Feuerkugel mit leuchtendem Schweife zu Namur. (Quetelet.)

Den in diesem Verzeichnisse aufgeführten Feuerkugeln müssen noch diejenigen hinzugefügt werden, welche in Paris von Coulvier-Gravier gesehen worden sind, der seit acht Jahren mit der lobenswerthesten Ausdauer alle seine Nächte zur Aufsuchung von Sternschnuppen und andern feurigen Meteoren verwendet*).

[Die Zahl der von Coulvier-Gravier beobachteten Feuerkugeln beläuft sich auf 168; der Glanz der größten erreichte fast den sechsfachen der Venus; 101 zeigten mehr oder weniger breite und dauernde Schweife, und 20 zersprangen in Stücke. Coulvier-Gravier ist der Ansicht, daß aus seinen Beobachtungen in dem Erscheinen der Feuerkugeln eine Verschiedenheit je nach den Tagesstunden folge: die Anzahl der in der Nähe von 6 Uhr Morgens gesehenen Feuerkugeln würde drei Mal so groß sein als die Anzahl der in der Nähe von 6 Uhr Abends beobachteten. Auch für die Sternschnuppen glaubt er eine solche nachgewiesen zu haben.

Die Fig. 327 (S. 224) gibt die Positionen aller dieser Feuerkugeln am Himmel von Paris, so wie ihre Richtungen und Größen an. Die Kugeln dritter Größe übertreffen an Glanz eben noch Sirius, Jupiter und Venus; die Kugeln erster Größe besitzen einen doppelt so großen; und zwischen beiden liegen die Kugeln zweiter Größe. Coulvier hat 31 Feuerkugeln erster, 39 zweiter und 98 dritter Größe beobachtet. Selbstverständlich bezieht sich die Größe hier nur auf den Ort des Beobachters; eine nahe am Zenith sichtbare Feuerkugel erster Größe würde viel weniger glänzend erscheinen, wenn sie in der Nähe des Horizontes beobachtet würde.

Zum Verständniß der Figur 327, in welcher der Mittelpunkt den Zenith des Beobachters und der Rand den sichtbaren Horizont bedeu-


*) Um das allgemeine Verzeichniß der populären Astronomie zu vervollständigen, füge ich hier, der Absicht Arago's gemäß, einen Auszug aus dem in den Annal. de chim. et de phys. 3. Sér. Bd. 40 erschienenen Verzeichnisse der von Coulvier-Gravier von 1841 bis 1853 beobachteten Feuerkugeln bei.

tet, folgen hier die Ordnungszahlen und die Tage einer jeden beobachteten Feuerkugel.

Nr.	Datum.		Bemerkungen.
1.	28. September	1841.	Schweif.
2.	10. Juli	1844.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
3.	10. Juli	1844.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
4.	20. Juli	1844.	Zerspringen in Stücke.
5.	8. August	1844.	
6.	7. September	1844.	
7.	8. September	1844.	Schweif.
8.	14. November	1844.	Schweif.
9.	24. April	1845.	
10.	5. August	1845.	
11.	9. August	1845.	
12.	9. August	1845.	
13.	10. August	1845.	Schweif.
14.	2. September	1845.	Schweif.
15.	2. September	1845.	Schweif.
16.	6. September	1845.	Schweif.
17.	6. September	1845.	
18.	28. October	1845.	Schweif.
19.	5. November	1845.	
20.	17. November	1845.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
21.	3. December	1845.	Schweif.
22.	12. Februar	1846.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
23.	5. März	1846.	
24.	30. März	1846.	Schweif.
25.	28. April	1846.	Schweif.
26.	1. Mai	1846.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
27.	3. Mai	1846.	
28.	13. Juni	1846.	
29.	20. Juli	1846.	Schweif.
30.	23. Juli	1846.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
31.	10. August	1846.	
32.	12. August	1846.	
33.	18. August	1846.	
34.	29. August	1846.	
35.	25. September	1846.	Schweif.
36.	29. September	1846.	Schweif.
37.	10. October	1846.	Schweif.
38.	19. October	1846.	Schweif.

Nr.	Datum.		Bemerkungen.
39.	9. November	1846.	Stillstand in der Mitte ihrer Bahn; Schweif; Zerspringen in Stücke.
40.	15. December	1846.	Schweif.
41.	23. Februar	1847.	
42.	15. März	1847.	
43.	16. März	1847.	
44.	20. April	1847.	Schweif.
45.	20. April	1847.	Schweif.
46.	20. April	1847.	Schweif.
47.	2. Juni	1847.	
48.	13. Juni	1847.	Schweif; Stillstand am Ende ihrer Bahn.
49.	9. Juli	1847.	
50.	1. August	1847.	Schweif.
51.	3. August	1847.	Schweif; Stillstand.
52.	8. August	1847.	Schweif.
53.	9. August	1847.	
54.	9. August	1847.	
55.	9. August	1847.	
56.	9. August	1847.	Schweif.
57.	9. August	1847.	
58.	9. August	1847.	Schweif.
59.	9. August	1847.	
60.	10. August	1847.	
61.	10. August	1847.	
62.	10. August	1847.	Schweif.
63.	10. August	1847.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
64.	10. August	1847.	Schweif.
65.	10. August	1847.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
66.	21. October	1847.	Schweif.
67.	16. November	1847.	Schweif.
68.	18. November	1847.	Schweif.
69.	20. November	1847.	Schweif.
70.	11. December	1847.	Schweif.
71.	26. Februar	1848.	Schweif.
72.	6. August	1848.	Schweif.
73.	8. August	1 48.	Schweif.
74.	12. Novembre	1848.	
75.	14. November	1848.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
76.	27. November	1848.	Schweif; Zerspringen in Stücke.

Nr.	Datum.			Bemerkungen.
77.	25.	Januar	1849.	
78.	13.	Februar	1849.	
79.	4.	Mai	1849.	
80.	11.	August	1849.	
81.	8.	September	1849.	
82.	9.	September	1849.	
83.	18.	September	1849.	
84.	21.	September	1849.	
85.	17.	October	1849.	
86.	19.	October	1849.	
87.	23.	October	1849.	
88.	12.	Juli	1846.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
89.	8.	December	1847.	Schweif; zweimaliges Zerspringen in Stücke.
90.	16.	Mai	1850.	
91.	3.	Juni	1850.	Schweif.
92.	9.	Juni	1850.	
93.	12.	Juli	1850.	
94.	15.	Juli	1850.	Schweif; Stillstand.
95.	15.	Juli	1850.	
96.	30.	Juli	1850.	
97.	3.	August	1850.	Schweif.
98.	8.	August	1850.	
99.	9.	August	1850.	Schweif.
100.	10.	August	1850.	
101.	10.	August	1850.	
102.	10.	August	1850.	Schweif.
103.	11.	August	1850.	Schweif.
104.	12.	August	1850.	Aus kleinen Kugeln bestehend.
105.	14.	August	1850.	Schweif.
106.	14.	August	1850.	
107.	18.	September	1850.	
108.	11.	October	1850.	
109.	17.	October	1850.	
110.	29.	October	1850.	Schweif.
111.	8.	November	1850.	
112.	10.	November	1850.	
113.	14.	November	1850.	Schweif.
114.	14.	November	1850.	Schweif.
115.	15.	November	1850.	
116.	15.	November	1850.	Schweif.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.


Fig. 327.

FEUERKUGELN IN PARIS

von 1841 bis 1853

von Coulvier Gravier beobachtet.

Nr.	Datum.		Bemerkungen.
117.	3. December	1850.	
118.	6. December	1850.	Schweif.
119.	6. December	1850.	Schweif.
120.	21. December	1850.	Schweif.
121.	2. Januar	1851.	Schweif.
122.	30. Januar	1851.	
123.	4. Februar	1851.	Schweif.
124.	18. Februar	1851.	Schweif; Stillstand; Zerspringen in Stücke.
125.	19. Juni	1851.	
126.	29. Juni	1851.	
127.	6. Juli	1851.	Schweif; Stillstand.
128.	7. Juli	1851.	
129.	30. Juli	1851.	Schweif.
130.	30. Juli	1851.	Schweif.
131.	3. August	1851.	
132.	4. August	1851.	Schweif.
133.	5. August	1851.	Schweif.
134.	5. August	1851.	Schweif.
135.	5. August	1851.	Schweif.
136.	6. August	1851.	Schweif.
137.	6. August	1851.	Schweif.
138.	6. August	1851.	
139.	10. August	1851.	Schweif.
140.	12. August	1851.	Schweif.
141.	15. August	1851.	Schweif.
142.	22. August	1851.	Schweif.
143.	13. November	1851.	
144.	12. December	1851.	Schweif.
145.	26. Januar	1852.	
146.	22. Juli	1852.	
147.	22. Juli	1852.	Schweif.
148.	23. Juli	1852.	Schweif.
149.	12. August	1852.	Schweif.
150.	5. October	1852.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
151.	24. November	1852.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
152.	8. December	1852.	
153.	10. December	1852.	
154.	10. December	1852.	Stillstand.
155.	28. December	1852.	Schweif; dreimaliger Stillstand; Zerspringen in Stücke.

Nr.	Datum.		Bemerkungen
156.	13. Mai	1853.	
157.	2. Juli	1853.	Schweif.
158.	1. August	1853.	
159.	2. August	1853.	Schweif.
160.	7. August	1853.	
161.	8. August	1853.	Schweif.
162.	9. August	1853.	Schweif.
163.	10. August	1853.	Schweif.
164.	10. August	1853.	Schweif.
165.	10. August	1853.	Schweif.
166.	11. August	1853.	Schweif; Zerspringen in Stücke.
167.	12. August	1853.	Schweif.
168.	2. September	1853.	Schweif.

Coulvier-Gravier hat weder beim Erscheinen einer der vorhergehenden Feuerkugeln, noch im Momente des Zerplatzens, wo dies vorkam, ein Geräusch gehört.]

Wenn wir ebenso, wie oben bei den Aerolithen, auch für die Feuerkugeln diejenigen Beobachtungen zusammenstellen, wo zuverlässige Zeitangaben vorliegen, so finden wir 813 solcher Meteore; das nachstehende Verzeichniß gibt an, in welcher Weise dieselben sich unter die 12 Monate des Jahres vertheilen:

Januar . . .	55
Februar . . .	57
März	48
April	52
Mai	50
Juni	43
Juli	74
August . . .	123
September . .	64
October . . .	77
November . . .	90
December . . .	80

Die monatliche Durchschnittszahl würde 68 sein; die Zahlen der ersten 6 Monate des Jahres liegen unter diesem Mittel, während die Zahlen der übrigen 6 Monate, jedoch mit Ausnahme des Septembers, dasselbe übertreffen.

Wir finden also dasselbe Resultat, wie bei der Zusammenstellung der Aerolithenfälle nach Monaten; nur tritt das Gesetz des Phänomens in bestimmterer Weise hervor, was man dem Umstande zuschreiben kann, daß die Beobachtungen von Feuerkugeln viel zahlreicher sind, als die Beobachtungen von Meteorsteinen. Bei ihrem Umlaufe um die Sonne trifft die Erde also mehr Feuerkugeln an auf dem Wege von ihrem Aphelium zu ihrem Perihelium, als auf der Strecke von ihrem Perihelium zu ihrem Aphelium.

Unter der Zahl von 813 Feuerkugeln, deren Beobachtungen in wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet worden sind, finden sich 35, welche Aerolithen erzeugt haben, deren Niederfallen vor Zeugen erfolgt ist. Ungeachtet der Kleinheit des Verhältnisses zwischen diesen beiden Zahlen kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß der Ursprung beider Phänomene ein und derselbe sei. Indeß sind gewisse Meteorsteinfälle eingetreten, ohne daß leuchtende Feuerkugeln zuvor wahrgenommen wurden; die Steine sind bisweilen, wie z. B. der große Aerolith zu Klein-Wenden am 16. Sept. 1843 (S. 170), bei völlig heiterem Himmel herabgefallen. In andern Fällen dagegen sind die Aerolithen herabgestürzt infolge von heftigen Explosionen, die aus kleinen dunklen, plötzlich am heitern Himmel erscheinenden Wolken kamen, wie dies z. B. bei dem Meteorsteinfalle von Braunau am 14. Juli 1847 (S. 170) geschah.

Das Erscheinen von Feuerkugeln ist stets zufällig und überrascht den Beobachter; dieser Umstand macht es sehr schwierig, genaue Angaben über alle Vorgänge zu erhalten, die zur Festsetzung ihrer wirklichen Dimensionen, ihrer Höhe, Richtung und Geschwindigkeit dienen könnten. Sollen die Rechnungen eine genaue Bestimmung der durchlaufenen Bahn gestatten, so ist unbedingtes Erforderniß, daß die Erscheinung von zwei hinreichend von einander entfernten Stationen beobachtet wird, damit die Parallaxe eine hinreichende Größe erlangt, um allzu beträchtliche Fehler auszuschließen. Manche Astronomen sind der Ansicht gewesen, daß die Feuerkugeln als Satelliten unseres Planeten zu betrachten seien, daß sie sich mit außerordentlicher Geschwindigkeit um die Erde bewegen, und zu wiederholten Malen beobachtet werden können. In den letzten Jahren hat Petit, Director der

toulouser Sternwarte, mit großer Ausdauer die nach der eben ausgesprochenen Hypothese von den hauptsächlichsten Feuerkugeln, über welche er Angaben von einer gewissen Präcision hat erlangen können, durchlaufenen Bahnen zu berechnen versucht. Diese Untersuchung verdient weiter verfolgt zu werden. Wenn es auch einerseits keinem Zweifel unterliegt, daß mehrere Feuerkugeln bis zur Oberfläche unseres Planeten herabgefallen sind, und von da an einen Theil des Erdkörpers ausgemacht haben, so darf man andererseits nicht behaupten, daß allen dasselbe Schicksal zu Theil geworden sei. Die beträchtlichen Höhen, in denen manche dieser Meteore erscheinen und verschwinden, sind ein Gegenstand des Erstaunens, wenn man sich über den Grund ihrer plötzlichen Entzündung Rechenschaft zu geben sucht. Wenn es durch Rechnungen, wie die von Petit ausgeführten, gelänge, die Richtung, Geschwindigkeit und alle Elemente der Bahnen einiger Feuerkugeln zu bestimmen, so würde zur Erklärung eines der geheimnißvollsten kosmischen Phänomene viel gewonnen sein. Um ein solches Resultat zu erzielen, müssen die Beobachtungen vervielfältigt, und überhaupt genauer als alle bis jetzt vorliegenden angestellt werden.

In Ermangelung genauer Werthe mögen hier die Höhen von einigen Feuerkugeln stehen, für welche die Durchführung wenigstens approximativer Berechnungen möglich gewesen ist.

Datum.		Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens in Meilen.	Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Verschwindens in Meilen.
21. März	1846.	1½	—
2. April	1852.	2	—
15. August	1754.	3	—
14. December	1807.	3½	—
13. November	1803.	4½	—
23. Juli	1846.	5½	—
19. Juli	1686.	6	—
5. Juni	1850.	6½	—
31. Juli	1708.	9	—
4. October	1783.	9	—
11. September	1784.	9	—
31. October	1779.	12	—
18. August	1783.	12	—

Datum.		Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Sichtbarwerdens in Meilen.	Abstände von der Erdoberfläche im Augenblicke ihres Verschwindens in Meilen.
15. Mai	1811.	$15^1/_2$	—
24. Juli	1762.	$17^1/_2$	$3^1/_2$
9. Februar	1841.	19	—
19. August	1847.	27	$8^1/_2$
6. Juli	1850.	32	16
4. Januar	1837.	34	—
31. März	1676.	35	—
3. Juni	1842.	37	$2^1/_2$
19. März	1718.	$59^1/_2$	—
27. October	1844.	64	$1^1/_2$
18. August	1841.	—	91

Die meisten dieser Höhen übertreffen bei weitem die Grenzen, welche man mit Rücksicht auf die Dauer der Dämmerungserscheinungen unserer Atmosphäre beizulegen sich veranlaßt sieht (Bd. 13, S. 149). Daraus folgt also, daß das plötzliche Erglühen der Feuerkugeln weit jenseit der Grenzen eintritt, wo nach den jetzt geltenden Ansichten die atmosphärischen Schichten dergestalt verdünnt sind, daß man daselbst jede Einwirkung ihrer Elemente auf die Materie der Feuerkugeln als unmöglich betrachten muß.

Man darf übrigens die Größe der Feuerkugeln nicht nach den kleinen Dimensionen der Aerolithen, die nach der Explosion von Feuermeteoren auf der Erdoberfläche aufgefunden worden sind, beurtheilen. Wie die folgenden Angaben lehren, überschreiten die wahren Durchmesser gar sehr die Größen der Meteorsteine. Man muß freilich einräumen, daß diese Durchmesser durch Rechnungen erhalten wurden, welche auf Beobachtungen von zweifelhafter Genauigkeit beruhen.

Datum.		Wahre Durchmesser.
2. April	1852.	32 Meter
23. Juli	1846.	98 „
6. Juli	1850.	215 „
4. Januar	1837.	2200 „
19. März	1718.	2560 „
18. August	1841.	3900 „

Existirt in allen großen leuchtenden Kugeln ein fester Kern? besitzen sie eine Art brennbare Atmosphäre, die sogar explodirt, wenn

diese Körper sich der Erde nähern? kann vielleicht die Geschwindigkeit, mit welcher sie sich bewegen, zur Erklärung ihres so plötzlichen Erglühens dienen? Dies sind ebenso viele Fragen, deren Lösung die Zukunft allein zu bringen vermag. Die nachfolgende Tabelle gibt die berechneten Geschwindigkeiten derjenigen Feuerkugeln, deren Bahnen haben bestimmt werden können.

Datum.	Geschwindigkeiten in der Secunde.
19. März 1718.	2700 Meter
14. December 1807.	4500 "
31. März 1676.	5000 "
4. Januar 1837.	5200 "
21. März 1846.	8000 "
23. Juli 1846.	8000 "
19. März 1718.	9000 "
6. oder 13. November 1803.	13000 "
4. October 1783.	19000 "
2. April 1852.	28000 "
26. November 1758.	40000 "
5. Juni 1850.	44000 "
19. August 1847.	68000 "
3. Juni 1842.	72000 "
27. October 1844.	72000 "
6. Juli 1850.	76000 "

Ich erinnere daran, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde für einen im Aequator gelegenen Punkt 464 Meter, und die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn 30400 Meter in der Secunde beträgt. Wie man sieht, bewegen sich mehrere der beobachteten Feuerkugeln im Raume mit einer größern Geschwindigkeit als die Planeten. Als letzte Eigenthümlichkeit ist anzumerken, daß die Richtung ihrer Bewegung im Allgemeinen der der Erde entgegengesetzt ist.

Wollte man selbst einen großen Theil der Geschwindigkeiten der Feuerkugeln für eine Täuschung halten, für eine Wirkung der Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn, so bleiben für die wahren Geschwindigkeiten dieser Meteore doch noch hinreichend große Zahlen übrig, wonach man die Feuerkugeln als mit einer so großen Geschwindigkeit im Raume begabt betrachten darf, daß man die Möglichkeit einer ewigen Fortdauer ihres Laufes durch den Raum zugeben muß.

Obgleich diese kosmischen Massen in der Nähe unserer Atmosphäre vorbeigehen, so erleiden sie doch meistens von der Anziehung der Erde keine weitere Einwirkung, als eine Aenderung in den Excentricitäten ihrer Bahnen.

Sechstes Kapitel.

Sternschnuppen.

Seit ungefähr einem halben Jahrhundert hat man es sich angelegen sein lassen, einige Sternschnuppenerscheinungen mit Sorgfalt zu beobachten. In dem Maaße, als die Beobachtungen strenger und weiter fortgesetzt sind, hat man eingesehen, wie sehr diese so lange mit Geringschätzung behandelten Phänomene, diese angeblich atmosphärischen Meteore, diese sogenannten Streifen entzündeten Wasserstoffs Aufmerksamkeit verdienen. Ihre Parallaxe hat sie schon weit jenseit der wahrnehmbaren Grenzen unserer Atmosphäre gestellt; man hat erkannt, daß sie, wenn sie sich beim Annähern an die Erde entzünden, nicht in den luftförmigen Schichten derselben entstanden sind, sondern von außen kommen, indem sie eine Richtung verfolgen, welche der Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn diametral entgegengesetzt zu sein scheint.

Die Beobachter von Sternschnuppen müssen sich bestreben die Zeit des Sichtbarwerdens eines jeden Phänomens, so wie angenähert seine Winkelhöhe über dem Horizonte und die Richtung seiner Bewegung aufzuzeichnen. Werden diese Meteore auf die Hauptsterne derjenigen Sternbilder bezogen, welche sie durchfliegen, so dürften die verschiedenen Fragen, welche die Bestimmung ihrer Bahnen, die Häufigkeit und die Periodicität ihres Erscheinens veranlaßt, leicht beantwortet werden können.

Wenn mehrere an verschiedenen hinreichend weit von einander entfernten Orten aufgestellte Beobachter die zuvor erwähnten Umstände mit Genauigkeit aufzeichnen, so ist es möglich, einzelne Sternschnuppen herauszufinden, welche in demselben Augenblicke auf 2, 3 und selbst noch mehreren dieser Stationen gesehen worden sind, und dadurch

ihre wahre Höhe ohne Schwierigkeit durch Rechnung zu ermitteln. Von 1798 an führten Brandes und Benzenberg in solcher Weise Beobachtungen in der Nähe von Göttingen aus. Derselbe Versuch wurde in den Jahren 1800 und 1801 in England von John Farey und Benjamin Bevan (jedoch in zu kleinem Abstande), und in Deutschland von Brandes, Benzenberg, Harding und Pottgießer zwischen Hamburg und Bremen wiederholt. Im Jahre 1817, und später 1823 verband sich Brandes, der mit dem rühmlichsten Eifer sich der Erforschung dieses Gegenstandes gewidmet hat, mit einer Reihe von Männern, um von Neuem zu Breslau, Dresden, Leipa, Brieg, Grebnitz, Berlin, Krakau u. a. O. zu beobachten. 1824 stellte Quetelet in Belgien eine Reihe ähnlicher Beobachtungen an. Mit Hülfe mehrerer Physiker erhielt 1825 Erman in Berlin und Potsdam eine neue Reihe gleichzeitiger Beobachtungen. Endlich führte Brandes 1833, ein Jahr vor seinem Tode, mit einigen Mitarbeitern eine letzte Beobachtungsreihe zu Leipzig, Weimar, Gera und Breslau aus. Aus allen diesen Beobachtungen hat sich ergeben, daß gewisse Sternschnuppen in einer Höhe von ungefähr 100 Meilen über der Erde, einzelne aber auch in einer noch nicht 1 Meile betragenden Höhe erschienen sind; daß sie ferner manchmal 40 Meilen zurücklegen, bevor sie erlöschen, und sich mit Geschwindigkeiten von $1^1/_2$ bis 4 Meilen in der Secunde bewegen.

Es gibt keine Nacht, in der nicht Sternschnuppen sich zeigten. Wenn es für einen Beobachter, der nicht continuirlich sich mit Beobachtungen dieser Phänomene beschäftigt, schwierig ist, in den gewöhnlichen Fällen ihre größere oder geringere Häufigkeit zu erkennen, so erscheinen doch bisweilen die Sternschnuppen so zahlreich und gleichzeitig an so viel Stellen des Himmels, daß es fast unmöglich wird, sie zu zählen. Diese Thatsache führt naturgemäß den Astronomen zur Annahme zweier Arten von Sternschnuppen. Sporadische heißen die vereinzelt und selten fallenden; diejenigen, welche in Gruppen oder in Bienen- und Heuschreckenschwärmen vergleichbaren Mengen erscheinen, hält man für periodische.

Die Geschichte der Wissenschaften hat ohne Schwierigkeit die besonders auffallenden Erscheinungen dieser Art verzeichnen können; es

bedarf aber anhaltender Beobachtungen, um einiges Licht auf die Gesammtheit dieser merkwürdigen Phänomene zu werfen. Die verdienstvollen Arbeiten seit dem Anfange dieses Jahrhunderts von Brandes, Benzenberg, Olbers und Bessel, später von Erman, Boguslawski, Quetelet, Feldt, Houzeau, Coulvier-Gravier, Saigey, Heis, Schmidt u. A. haben endlich in diese Meteore, deren Unbeständigkeit sprüchwörtlich geworden war, eine gewisse Ordnung gebracht.

Um bei den gewöhnlichen Erscheinungen eine Vergleichung der Sternschnuppen ihrer Zahl nach möglich zu machen, mußte nothwendig bestimmt werden, wie viel solcher Phänomene sich überhaupt zu jeder Zeit des Jahres beobachten lassen. Untersuchungen von Coulvier-Gravier, Saigey, Schmidt und Heis haben diese letztere Frage gelöst; den Schriften meiner Freunde v. Humboldt und Quetelet verdanken wir besonders genaue Angaben über die großen Erscheinungen.

Man sieht leicht, daß die Zahl der Sternschnuppen, die ein an einem bestimmten Orte aufgestellter Beobachter wahrnehmen kann, von dem gewöhnlichen oder mittleren Zustande der Atmosphäre dieses Ortes abhängen und zugleich mit der Sehkraft des Beobachters sich ändern wird.

Herrick, der zu New-Haven in Connecticut zahlreiche Sternschnuppenbeobachtungen ausgeführt hat, setzt die Mittelzahl von Sternschnuppen in der Stunde bei gewöhnlichem Zustande der Luft und bei vier Beobachtern, deren jeder seine Aufmerksamkeit auf ein Viertel des Himmels richtet, auf 30 fest. Er hat auszumitteln gesucht, wie viel Personen an jedem Orte der Erde ihre Anstrengungen würden vereinigen müssen, um sicher zu sein, keine vorkommende Sternschnuppe unbemerkt vorüber gehen zu lassen; es schienen 9 zu genügen. Auch hat er die mittlere Anzahl von Sternschnuppen, welche binnen 24 Stunden erscheinen, mit Ausschluß der August- und Novemberperioden, zu schätzen versucht; darnach würden täglich (?) drei Millionen dieser Meteore in die Erdatmosphäre eindringen. Coulvier-Gravier gibt 6 als den stündlichen Mittelwerth der Sternschnuppen, welche zwei unter freiem Himmel in Paris aufgestellte Beobachter in jeder Stunde wahrnehmen können, was ungefähr 53000 im Jahre macht.

Coulvier-Gravier und Saigey glauben als Resultat ihrer Beob-

achtungen annehmen zu dürfen, daß die Zahl der sporadischen Sternschnuppen von einer Stunde zur andern sich ändere, und gegen Morgen ein Maximum werde; sie sind daher der Ansicht, daß man alle Beobachtungen, um sie unter einander vergleichbar zu machen, auf Mitternacht reduciren müsse. In der folgenden Tabelle findet man die von diesen Beobachtern für die einzelnen Monate gegebenen Zahlen, sowie auch diejenigen, welche aus den gleichfalls anhaltenden Beobachtungen von Schmidt (damals in Bonn) sich ergeben. Nach diesem letztern Beobachter beträgt das stündliche Mittel der sporadischen Sternschnuppen 4 bis 5.

Monat.	Monatliche Mittelzahl der stündlich beobachteten Sternschnuppen für Mitternacht nach Coulvier-Gravier und Saigey.	Monatliche Mittelzahl der stündlich beobachteten Sternschnuppen nach Schmidt.
Januar	3,6	3,4
Februar	3,6	?
März	2,7	4,9
April	3,7	2,4
Mai	3,8	3,9
Juni	3,2	5,3
Juli	7,0	4,5
August	8,5	5,3
September	6,8	4,7
October	9,1	4,5
November	9,5	5,3
December	7,2	4,0

Trotz der Abweichungen zwischen den vorstehenden Zahlen ergibt sich doch aus ihnen im Ganzen, daß offenbar mehr Sternschnuppen erscheinen, während die Erde sich von ihrem Aphelium zu ihrem Perihelium, oder vom Sommersolstitium zum Wintersolstitium bewegt, als während ihres Laufes vom Perihelium zum Aphelium, also ein gleiches Resultat, wie uns bereits die Meteorsteine und Feuerkugeln geliefert haben.

Beim Durchsuchen der chinesischen Annalen seit den entlegensten Zeiten ist Ed. Biot zu einem ähnlichen Schlusse, wie der von uns soeben ausgesprochene, gelangt. Mittelst sehr zweckmäßigen Gebrauchs von graphischen Darstellungen hat er außerdem auch den ungeübte-

sten Augen das Vorhandensein zweier Maxima in dem Erscheinen von Sternschnuppen sichtbar gemacht; das eine entspricht einer zwischen dem 18. und 27. Juli (julianischer Kalender) liegenden Epoche; das andere fällt zwischen den 11. und 20. October. Beim bloßen Anblicke einer dieser Figuren, welche unter Fig. 328 hier abgedruckt ist, und die Zahlen der von 960 bis 1275 unserer Zeitrechnung beob-

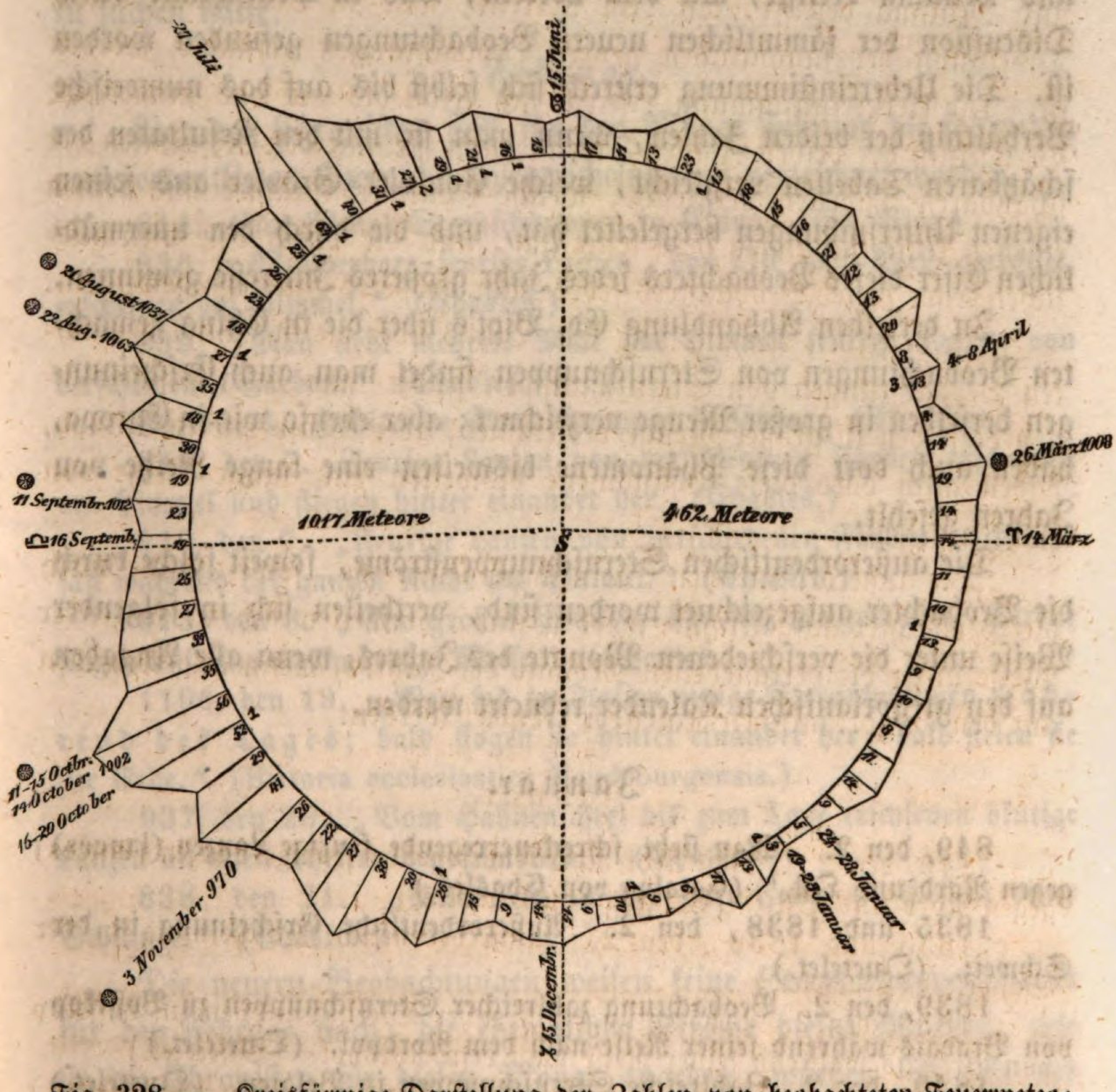


Fig. 328. — Kreisförmige Darstellung der Zahlen von beobachteten Feuermeteoren in Gruppen von fünf Tagen zwischen den Jahren 960—1275*).

---

*) Die Zeichen der Aequinoctien und Solstitien beziehen sich auf die Stellungen der Erde. Das Zeichen ● bedeutet eine Erscheinung in Masse oder einen Strom oder Schwarm von Sternschnuppen; die im Innern des Umfangs befindlichen Zahlen geben die am Tage gesehenen Meteore an.

achteten Feuermeteore darstellt, erkennt man sogleich, daß in China vom Wintersolstitium bis zum Sommersolstitium viel weniger Sternschnuppen und Feuerkugeln gesehen worden sind, als vom Sommersolstitium bis zum Wintersolstitium. In dem ersten Zeitraume steigt die Gesammtzahl der Beobachtungen auf 462, im zweiten dagegen auf 1017. Diese Resultate stimmen, was die Zeiträume der Maxima und Minima betrifft, mit dem überein, was in Deutschland durch Discussion der sämmtlichen neuern Beobachtungen gefunden worden ist. Die Uebereinstimmung erstreckt sich selbst bis auf das numerische Verhältniß der beiden Zahlen, wenn man sie mit den Resultaten der schätzbaren Tabellen vergleicht, welche Coulvier-Gravier aus seinen eigenen Untersuchungen hergeleitet hat, und die durch den unermüdlichen Eifer dieses Beobachters jedes Jahr größeres Interesse gewinnen.

In derselben Abhandlung Ed. Biot's über die in China gemachten Beobachtungen von Sternschnuppen findet man auch Erscheinungen derselben in großer Menge verzeichnet; aber ebenso wie in Europa, haben auch dort diese Phänomene bisweilen eine lange Reihe von Jahren gefehlt.

Die außerordentlichen Sternschnuppenströme, soweit solche durch die Beobachter aufgezeichnet worden sind, vertheilen sich in folgender Weise unter die verschiedenen Monate des Jahres, wenn alle Angaben auf den gregorianischen Kalender reducirt werden.

Januar.

849, den 2. „Man sieht schreckenerregende feurige Lanzen (lances) gegen Nord und Ost.“ (Catalog von Chasles.)

1835 und 1838, den 2. Außerordentliche Erscheinung in der Schweiz. (Quetelet.)

1839, den 2. Beobachtung zahlreicher Sternschnuppen zu Bossekop von Bravais während seiner Reise nach dem Nordpol. (Quetelet.)

1840, den 2. Zahlreiche Sternschnuppen in Belgien. (Quetelet.)

765, den 3. In China Erscheinen von Sternschnuppen in großer Menge. (Ed. Biot.)

745, den 4. „Man sieht in ganz England feurige Strahlen von einem in dieser Zeit ganz ungewöhnlichen Glanze, wie man sie auch früher niemals gesehen hatte.“ (Al. Perrey, Compt. rend. de l'Acad. des Scienc. Bd. 14.)

765, den 4. „Man sieht in der Luft Feuerstreifen, wie man sonst nicht gesehen hatte.“ (Al. Perrey.)

1665, den 9. „Beim Aufgehen des Nordlichtes sah man während eines starken Frostes feurige Streifen vom Himmel fallen.“ (Quetelet.)

308, den 20. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

Nach diesen Angaben dürfte es scheinen, als ob man eine Periode von zahlreichen Sternschnuppen zwischen dem 1. bis 4. Jan. zu suchen hätte.

Februar.

Von den Chronisten sind für den Monat Februar die folgenden außerordentlichen Sternschnuppenerscheinungen verzeichnet worden.

814. Eine Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

836. „Wunderbare feurige Lanzen, von Ost nach West gerichtet, erscheinen am Himmel.“ (Chasles.)

839. „Man sieht mehrere Male am Himmel feurige Lanzen von verschiedenen Farben.“ (Chasles.)

36, den 6. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

918, den 7. Feurige Lanzen von verschiedenen Farben erscheinen am Himmel und fliegen hinter einander her. (Chasles.)

919, den 7. „Feurige Lanzen von verschiedenen Farben erscheinen fast während der ganzen Nacht am Himmel.“ (Chasles.)

913, den 8. „Ein großes Wunder hat sich ereignet; die Sterne flogen auf eine merkwürdige Weise.“ (Chasles.)

1106, den 19. „Man sah in Italien einige Sternschnuppen während des Tages; bald flogen sie hinter einander her, bald fielen sie zur Erde.“ (Historia ecclesiastica Magdeburgensis.)

937, den 20. „Vom Hahnenschrei bis zum Tage erschienen blutige Lanzen an allen Theilen des Himmels.“ (Chasles.)

838, den 21. „Man sieht in der Luft Feuer in Gestalt einer Schlange.“ (Chasles.)

Die neuern Beobachtungen weisen keine Sternschnuppenperiode für den Februar nach; die ehemaligen Ströme dieses Meteors, wie sie die Chronisten für diesen Monat angeben, würden seit acht bis neun Jahrhunderten fehlen.

März.

763. „Man sieht Sterne plötzlich in so dichten Massen vom Himmel fallen, daß das Volk erschrickt und das Ende der Welt nahe glaubt.“ (Al. Perrey.)

764. Nach den Chroniken von Labbe, Bouquet u. A. existirt im März ein außerordentlicher Sternschnuppenfall.

927. Man sah auch „zu Reims an einem Sonntage vor Anbruch des Tages feurige Lanzen am Himmel.“ (Chasles.)

807, den 3. „Feurige Lanzen erscheinen in erstaunlicher Zahl während der Nacht.“ (Chasles.)

842, den 5. „Während der ersten Nachtstunde sieht man am Himmel feurige Lanzen.“ (Chasles.)

861, den 15. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel.“ (Chasles.)

687 v. Chr., den 16. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

842, den 18. „Erschreckliche Lanzen erscheinen noch am Himmel in der zweiten Nachtstunde auf der Ostseite; sie verlöschen und entstehen ohne Unterbrechung wieder. Zwischen Ost und West findet sich eine große Helligkeit, aber diese Lanzen erfüllen besonders den Norden.“ (Chasles.)

1811, den 18. Zahlreiche Sternschnuppen in England von Forster wahrgenommen. (Quetelet.)

15 v. Chr., den 24. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

839, den 30. „Prächtige Lanzen erscheinen am Abend und erfüllen den Himmel.“ (Chasles.)

582, den 31. „Zu Soissons sah man Feuer am Himmel. Ein Blutregen fiel auf Paris.“ (Chasles.)

Nach diesen Beobachtungen scheint es, als ob Sternschnuppenströme von Zeit zu Zeit im Monat März eintreten.

April.

Merkwürdige Erscheinungen von Sternschnuppen sind im April etwas zahlreicher als in den drei vorhergehenden Monaten.

Im Jahr 1093, ohne Angabe des Tages. „Zu jener Zeit, sagen die Chronisten, fielen im Westen Sterne vom Himmel.“ (Chasles.)

1008, den 1. Sternschnuppenerscheinung in China. (Ed. Biot.)

840, den 2. „Während zweier Nächte erscheinen ähnliche Lanzen, wie die im vorhergehenden Jahre.“ (Chasles.)

996, den 3. „Am Abend erscheint eine Schlange am Himmel.“ (Chasles.)

1000, den 4. „Man erblickt an vielen Orten feurige Lanzen.“ (Chasles.)

538, den 6. „Der Himmel steht in Feuer; Blut fällt aus den Wolken.“ (Chasles.)

401, den 9. Sehr merkwürdige Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1094, den 10. „Man sah in so großer Menge Sterne vom Himmel fallen, daß man sie nicht zählen konnte." (Chasles und Al. Perrey.)

1095, vom 10. bis 12. Sehr auffallende, von vielen Chronisten aufgezeichnete Erscheinung. „Von Mitternacht bis zur Morgenröthe sah man Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Während mehrerer Nächte scheinen Sterne vom Himmel zu fallen, so dicht wie Regen." Dieses Ereigniß wurde schon vor dem Concilium zu Clermont als eine Vorbedeutung der großen Bewegung in der Christenheit betrachtet. (Chasles.)

1096, den 10. „Fast alle Sterne flogen, wie vom Winde fortgeführter Staub. Dieser Vorgang fand statt vom Hahnenschrei bis zur Morgenröthe." (Chasles und Al. Perrey.)

1123, den 10. und 11. „Eine unzählbare Menge Sterne fiel vom Himmel, und regnete von allen Seiten auf die Erde." (Chasles.)

1122, den 11. „Ein Regen unzähliger Sterne, sagt der Chronist des Klosters vom Berge Cassin, scheint die Erde zu bedecken." (Chasles.)

839, den 17. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

927, den 17. Große Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

934, den 18. Es gab viele Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1838, den 20. Sternschnuppen in Menge beobachtet zu Knorville in Tenneſſee (154 Meteore ungefähr zwischen 10 Uhr Abends und 4 Uhr Morgens). (Quetelet.)

1803, den 22. In Virginien und Massachusets fielen von 1 Uhr Morgens bis 3 Uhr nach allen Richtungen in so großer Menge Sternschnuppen, daß man hätte glauben können, ein Raketenfeuer zu sehen. Mehrere dieser Meteore ließen Schweife zurück.

Man sieht, es würde von Interesse sein, im April nach zwei Strömen von Asteroiden zu suchen, einem ersten vom 4. bis 11. und einem zweiten vom 17. bis 22.

Mai.

Die in diesem Monate aufgezeichneten Erscheinungen zahlreicher Sternschnuppen sind sehr selten, und gehen sämmtlich bis zum 9. oder 10. Jahrhundert zurück.

824. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

842, den 5. „Man sieht noch Lanzen am Himmel." (Chasles.)

954, den 12. „Mehrere Leute haben Blut regnen sehen." (Chasles.)

839, den 12. „Während der Nacht fliegen die Sterne auf allen Seiten hinter einander her." (Chasles.)

Man würde nur Grund haben, nach einem einzigen Asteroidenschwarm um die Mitte des Monats zu suchen.

Juni.

In diesem Monate ist die geringste Zahl von Sternschnuppenschwärmen beobachtet; es finden sich nur zwei erwähnt.

36 v. Chr., den 24. Sternschnuppenregen, beobachtet in China. (Ed. Biot.)

1022, vom 28. bis 30. „Während dreier Tage regnet es Blut vom Himmel." (Chasles.)

Juli.

Die Erscheinung von Sternschnuppen in Menge wächst wieder im Juli.

784, den 14. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

714, den 19. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

841, den 25. Sternschnuppenerscheinung in China. (Ed. Biot.)

830, den 26. In China so zahlreiche Sternschnuppen, daß man sie nicht zählen konnte. (Ed. Biot.)

835, den 26. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

924, vom 26. bis 28. Beträchtliche Menge von Sternschnuppen während dreier Tage in China. (Ed. Biot.)

925, den 27. und 28. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

833, den 27. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

926, den 27. Große Menge Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

933, vom 25. bis 30. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

1784, am 24., 26. und 27. Viel zahlreichere Sternschnuppen als sonst gewöhnlich, nach den mannheimer Ephemeriden von 1784. (Quetelet.)

1785, den 27. „Zahlreiche Sternschnuppen zu Prag, nach den mannheimer Ephemeriden." (Quetelet.)

1848, den 28. Zahlreichere Sternschnuppen als sonst gewöhnlich zu Aachen von Heis beobachtet. (Bullet. de l'Acad. de Brux. Bd. 16.)

1849, den 28. und 29. Die Zahl der in Aachen von Heis und in Bonn von Schmidt beobachteten Sternschnuppen war ungewöhnlich groß. (Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 16.)

Nach den vorstehenden Beobachtungen unterliegt es keinem Zweifel, daß im Juli eine periodische Wiederkehr von Sternschnuppen-

schwärmen statt findet, deren Epoche jetzt zwischen den 26. und 29. Juli fallen dürfte.

August.

Die Sternschnuppenschwärme erscheinen im Monat August viel häufiger als in allen vorhergehenden Monaten. Besonders seit ungefähr drei Vierteljahrhunderten hat sich ihre Periodicität in diesem Monate auf eine merkwürdige Weise kund gegeben. Schon Musschenbroeck hatte dieses Phänomen in seinem 1762 erschienenen Werke erwähnt. Quetelet hat nach Dr. Forster mit Recht daran erinnert, daß bei den Katholiken Irlands die Tradition herrschte, daß die zahlreichen Sternschnuppen im August die feurigen Thränen des heiligen Laurentius wären, dessen Fest grade auf den 10. August fiel. Herrick berichtet außerdem (Silliman, Americ. Journ.), daß nach einer alten in Thessalien in den bergigen Gegenden um den Pelion verbreiteten Tradition der Himmel sich in der Nacht vom 6. August, dem Feste der Transfiguration, öffne und Lichter mitten in der Oeffnung erscheinen. Genaue Beobachtungen der Astronomen und Physiker haben die gerechte Begründung dieser Volkstraditionen dargethan. Folgendes sind sämmtliche Angaben, die ich habe sammeln können.

268, im August. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

859, im August. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel.“ (Chasles.)

1029, im August. „Im Monate Redjeb (August) dieses Jahres fielen viele Sternschnuppen mit großem Geräusch und hellem Leuchten.“ (Geschichte von Kairo von Soyouti; Compt. rend. de l'Acad. des Sc., Bd. 4.)

1825. „In den zu Gosport gehaltenen meteorologischen Tagebüchern findet sich die Notiz, daß im Monat August dieses Jahres die Sternschnuppen sehr zahlreich gewesen sind.“ (Quetelet.)

1243, den 2. Von Matthias Paris berichtete Erscheinung von Sternschnuppen. (Quetelet.)

1826, den 3. Reichliche Sternschnuppen nach Olbers. (Schumacher, astronom. Jahrb. 1838.)

865, den 5. Menge von Sternschnuppen in China beobachtet. (Ed. Biot.)

1451, den 5. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1819, den 6. Zahlreiche Sternschnuppen. (Kämtz.)

1779, den 9. „Einige Stunden nach dem Ausbruche des Vesuvs,

sagt Sir W. Hamilton, war die Atmosphäre mit leuchtenden Meteoren, sogenannten Sternschnuppen angefüllt, u. s. w." (Phil. Transact. Bd. 70.)

1781, den 8. Große Anzahl von NW. nach SO. gerichteter Meteore, beobachtet zu Boston. (Compt. rend. Bd. 5.)

1784, den 6. und 9. Sehr zahlreiche Sternschnuppen überall, die im Allgemeinen nach WSW. gerichtet sind. (Mannheimer Ephemeriden für 1784.)

1789, den 10. Nach einem Gewitter, nachdem der Himmel wieder heiter geworden war, beobachtete Erscheinung massenhafter Sternschnuppen von Spallanzani auf dem Cimone in den Apenninen. (Quetelet.)

1798, den 9. In einem von Dr. N. Webster zu Hartford in Amerika herausgegebenen Werke steht, daß während der großen Hitze, welche pestartige Krankheiten entwickelte, die Sternschnuppen sich mehrere Nächte um den 9. August unglaublich zahlreich zeigten. Fast alle gingen von NO. nach SW. und folgten so schnell aufeinander, daß das Auge eines wißbegierigen Zuschauers fast beständig zu thun hatte. (Brief von Herrick in den Compt. rend. Bd. 5.)

1799, den 9. Brandes beobachtete zu Göttingen in der Zeit von zwei Stunden gegen dreißig Sternschnuppen, von denen die meisten von NO. nach SW. gingen. (Quetelet.)

1800, den 10. Dr. Patrin hat am Abend des 10. bis 1 Uhr Morgens gegen dreißig Sternschnuppen gezählt, deren Richtung vorzugsweise von NO. nach SW. war.

1806, vom 10. zum 11. Von Forster und Howard in England beobachtete Erscheinung einer sehr großen Zahl von Sternschnuppen. (Quetelet.)

1811, den 10. Forster beobachtet in England eine Menge Sternschnuppen, die leuchtende Bahnen hinterlassen. (Quetelet.)

1813, den 11. Zahlreiche Sternschnuppen in England und Amerika. (Quetelet.)

1815, den 10. Außerordentliche Erscheinung von Sternschnuppen. (Chladni).

1820, den 9. Ungewöhnliche Zahl von Sternschnuppen in Gosport von J. Farey beobachtet. (Phil. Mag. Bd. 57.)

1822, in der Nacht vom 9. zum 10. Zahlreiche Sternschnuppen zu New-York. (Quetelet.)

1823, den 10. Von Brandes berichtete bemerkenswerthe Erscheinung. In weniger als zwei Stunden zählte er mit seinen Gehülfen mehr als 140 Sternschnuppen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1826, den 10. „Ungewöhnliche Erscheinung von Sternschnuppen in der Nacht." (Meteorologisches Beobachtungsjournal in Gosport.)

1828, den 10. „Forster beobachtet eine große Zahl Sternschnuppen nach einem windigen, regnichten Tage." (Quetelet.)

1831, den 10. „Während eines heftigen Sturmes, der sich über Westindien ausbreitete, sah man unzählige feurige Kugeln aus den Wolken fallen." (Quetelet.)

1833, den 10. „Sternschnuppen und Feuermeteore zwischen 10 Uhr und Mitternacht in Worcestershire." (Compt. rend. Bd. 5.)

1834, vom 9. zum 10. Eine außerordentliche Menge von Sternschnuppen wurde in einigen Gegenden Amerikas (nach Herrick) und in Belgien (nach Quetelet) gesehen.

1835, den 8. und 10. „Der Abend des 10. Aug. war zu Brüssel merkwürdig durch eine große Menge Sternschnuppen. Ein ähnliches Phänomen ist in den Vereinigten Staaten am 8. beobachtet worden." (Quetelet.)

1836, den 8., 9. und 10. Zahlreiche Sternschnuppen in den Vereinigten Staaten, in Frankreich und Belgien. „Ein genauer und sorgfältiger Beobachter, sagt Herrick, hat gefunden, daß während des größten Theiles des Abends vom 9. August fast 150 Sternschnuppen in der Stunde fielen." Walferdin hat zu Bourbonne-les-Bains in der Nacht vom 8. zum 9. August 316 Sternschnuppen in einer einzigen Beobachtungsstunde gezählt. (Compt. rend. Bd. 5.)

1837, den 9., 10. und 11. Auf verschiedenen Punkten in beiden Hemisphären befindliche Beobachter haben während dreier Tage die Sternschnuppen gezählt. Auf der pariser Sternwarte wurden 107 Sternschnuppen von $11^1/_4$ bis $12^1/_4$ Uhr, und 184 von 12 Uhr 37 Minuten bis 3 Uhr 36 Minuten gesehen. Die größte Zahl der Sternschnuppen schien ihren Lauf nach dem Stier zu nehmen. Zu Chateauroux wurden in der Nacht vom 9. zum 10. an 30 Meteore in einer halben Stunde beobachtet. Zu Chamouni wurden am 9. Aug. Abends mehr als 40 Sternschnuppen in demselben Zeitraume beobachtet. Zu Genf sah Wartmann am 9. Aug. von 9 Uhr bis Mitternacht 82 Sternschnuppen, von denen die Mehrzahl aus einem gemeinschaftlichen zwischen β im Bärenhüter und α im Drachen gelegenen Heerde auszugehen schien. Nach dem Zeugnisse von Herrick ist das Phänomen den Beobachtern auf den verschiedenen Punkten in den Vereinigten Staaten ebenso auffallend gewesen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1838, vom 10. zum 11. „Auffällige Erscheinung von Sternschnuppen in Belgien, Frankreich, Italien, Oestreich und den Vereinigten Staaten; man hat in diesen Ländern bis 50 und 60 Meteore in der Stunde gezählt. Ihre Richtung war im Allgemeinen von NO. nach SW." (Quetelet.)

1839, den 10. Eine große Zahl Beobachter in Europa und Amerika hatten seit dem 3. Aug. ihre Aufmerksamkeit auf die Sternschnuppen gerichtet. Das Phänomen schien sein Maximum offenbar am Abend des 10. zu haben. Capocci und Nobile haben zu Neapel in vier Stunden 1000 Meteore gezählt; de Saulcy zu Metz 87 in etwas mehr als Dreiviertelstunden; Colla zu Parma 819 in 6 Stunden 37 Minuten; Herrick zu New-Haven fast 500 in drei Stunden. (Compt. rend. Bd. 9, 11 und 13.)

1840, vom 9. bis 11. Auf der pariser Sternwarte hat in der Nacht vom 9. zum 10. Mauvais 35 Sternschnuppen in einer halben Stunde gezählt; der Divergenzpunkt dieser Meteore lag zwischen Cassiopeja und Perseus. Zu Genf hat Wartmann in der Nacht vom 10. zum 11. in $6^1/_4$ Stunden 222, und Colla nebst zwei Hülfsbeobachtern zu Parma in den beiden Nächten vom 9. zum 11. Aug. 536 Sternschnuppen gezählt. (Compt. rend. Bd. 11.)

1841, vom 10. zum 11. Das Erscheinen zahlreicher Sternschnuppen ist wahrgenommen worden in Belgien, Frankreich, England, Deutschland und den Vereinigten Staaten. Colla hat in der Nacht vom 9. zum 10. 80, und in der folgenden Nacht 283 Sternschnuppen gesehen. (Compt. rend. Bd. 13.)

1842, vom 9. bis 11. Die Erscheinung ist beobachtet zu Wien von Littrow (30 Meteore in einer Stunde als Mittel der Nacht vom 9. zum 10.; 129 als Mittel der Nacht vom 10. zum 11.); zu Tours von Laugier (70 in 2 Stunden 5 Minuten in der Nacht vom 10. zum 11.); zu Lyon von Fournet am 11. Abends (31 Meteore in anderthalb Stunden). (Compt. rend. Bd. 15.)

1844, den 9. und 11. Am 9. hat Quetelet zu Brüssel 32 Meteore in einer Stunde, Duprez zu Gent 26, und Forster zu Brügge 96 beobachtet; endlich hat Herrick, unterstützt von fünf Beobachtern, zu New-Haven 367 in der Nacht vom 9. zum 10., und 622 in der Nacht vom 11. zum 12. gezählt. (Compt. rend. Bd. 19.)

1845, den 9. In der Nacht vom 9. zum 10. hat Coulvier-Gravier, unterstützt von zwei Gehülfen, zu Paris von 9 Uhr Abends bis 3 Uhr Morgens 432, und Herrick zu New-Haven in Amerika an demselben Abende zwischen 10 und 11 Uhr 64 Meteore beobachtet. (Compt. rend. Bd. 21.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 12.)

1846, den 10. Das stündliche Maximum der Anzahl von Sternschnuppen für Mitternacht hat Coulvier-Gravier in Paris zu 65 gefunden, und es trat ein am 10. (Compt. rend. Bd. 41.)

1847, vom 10. bis 12. Zu Gent hat Duprez am 11. in 3 Stunden 66; zu Aachen Heis am 10. in 35 Minuten 28, am 11. in $4^1/_2$

Stunden 501, am 12. in 3 Stunden 203 Meteore gezählt. Zu Brügge schlug Forster für die Nacht vom 11. die mittlere Zahl der gesehenen Sternschnuppen zu mehr als 35 in der Stunde an. Coulvier-Gravier hat in Paris für Mitternacht 100 angegeben. (Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 14.)

1848, vom 8. bis 10. Auf der pariser Sternwarte hat Goujon in der Nacht vom 9. zum 10. innerhalb zweier Beobachtungsstunden 95 Sternschnuppen gezählt. Coulvier-Gravier gibt als stündliche Anzahl für Mitternacht 40 für den 8., 86 für den 9., 110 für den 10. an. Die Richtung der Meteore war im Allgemeinen von N. nach S. (Compt. rend. Bd. 17.)

1849, vom 6. bis 11. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden stündlichen Zahlen von Sternschnuppen erhalten: 50 am 6.; 60 am 8.; 107 am 9.; 106 am 10.; 80 am 11. In Parma hat Colla am 10. von 9 Uhr 14 Minuten bis 10 Uhr 50 Minuten 22 Meteore gesehen. In Wien hat Mayer von 9½ Uhr bis 10½ Uhr 42 gezählt. In Aachen hat Heis, unterstützt von zwei andern Beobachtern, in der Nacht vom 10. innerhalb fünf Stunden eine Gesammtzahl von 254 Meteoren erhalten. (Compt. rend. Bd. 29.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. 14.)

1850, vom 8. bis 11. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden stündlichen Zahlen erhalten: 44 am 8.; 77 am 9.; 84 am 10.; 80 am 11. Wolf hat im Monat August 463 Sternschnuppen zu Bern erzählt, und Anglès zu Roanne in der Nacht vom 10. zum 11. einen Strom derselben gesehen, den er zu 400 in fünf Stunden schätzt. (Compt. rend. Bd. 31.)

1851, den 10. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht 67 Sternschnuppen in einer Stunde erhalten. (Compt. rend. Bd. 33.)

1852, vom 3. zum 13. Coulvier-Gravier hat für Mitternacht die folgenden Zahlen für die in einer Stunde beobachteten Sternschnuppen erhalten: 34 am 2.; 35 am 5.; 46 am 6.; 63 am 10.; 50 am 11.; 48 am 12.; 43 am 13. Der Schiffslieutenant Jonquières hat auf der Rhede von Cagliari während der Nacht vom 10. zum 11. ungefähr 70 Meteore in der Stunde gezählt. Zu Gent sah Duprez in derselben Nacht 83 Sternschnuppen in 3 Stunden. (Compt. rend. Bd. 35.; Bull. de l'Acad. de Brux. Bd. X. 19.)

1824, den 12. „Seit dem 12. sind kleine Meteore, sogenannte Sternschnuppen, mit auffallender Schnelligkeit gefallen. Sie erscheinen in dieser Nacht zahlreich und durchfliegen die Atmosphäre mit schneller Bewegung und fast immer gegen SW." Es wurden noch zahlreiche Meteore am 15. gesehen. (Tagebuch von Forster.)

1819, den 13. Erscheinung einer großen Menge Sternschnuppen in Massachusetts. (Quetelet.)

1818, den 14. Zahlreiche Sternschnuppen in England von Forster beobachtet. (Quetelet.)

1826, vom 14. zum 15. J. Graziani hat zu Rom eine ganz ungewöhnliche Zahl von Sternschnuppen beobachtet. (Quetelet.)

1827, vom 14. zum 15. Dieselbe Beobachtung von Graziani. (Quetelet.)

1823, den 15. „Zahlreiche Sternschnuppen zu Tübingen beobachtet.“ (Quetelet.)

1716, den 18. Erscheinung von Sternschnuppen, fast in ganz Europa nachgewiesen. (Quetelet.)

1842, den 21. „Zwischen 11 Uhr Abends und Mitternacht beobachtete man in Lyon einen neuen Vorübergang von Sternschnuppen. Einige dieser Meteore schienen unsere Atmosphäre zu streifen, und ein dem Aufsteigen einer Rakete ähnliches Geräusch ließ sich während eines Augenblickes hören.“ (Compt. rend. Bd. 15.)

1037, den 27. Menge von Sternschnuppen in China beobachtet. (Ed. Biot.)

1063, den 28. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

532, den 30. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

Aus den vorstehenden Beobachtungen folgt auf sehr augenfällige Weise, daß die Erde um die Zeit des 10. August jetzt alljährlich einem dichtgedrängten Asteroidenschwarme begegnet. Seit 1836 hat Quetelet, Director der brüsseler Sternwarte, ausgesprochen, daß die Mitte des August eine Epoche sei, wo man periodisch eine große Menge Sternschnuppen zu erwarten habe. Es ist dies eins der wichtigen Resultate, wofür die Wissenschaft den mühsamen und ausdauernden Forschungen, die Quetelet über diese geheimnißvollen Phänomene angestellt hat, dankbar sein muß. Es hat, wie Coulvier-Gravier richtig bemerkt hat, allerdings den Anschein, als ob die Zahl der Meteore am 10. August während der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts bis gegen 1848 hin stets zugenommen habe, von da an aber ins Abnehmen übergegangen sei. Die beobachteten stündlichen Sternschnuppenerscheinungen auf Mitternacht reducirt vertheilen sich in folgender Weise:

Jahre.	Beobachtete Zahlen.
1800	20
1823	35

Jahre.	Beobachtete Zahlen.
1837	50
1838	60
1839	75
1840	120
1841	30
1842	90
1843	15
1844	135
1845	95
1846	65
1847	100
1848	110
1849	106
1850	84
1851	67
1852	63
1853	56

Muß man, wie Bessel, Boguslawski, Erman, Littrow und Chasles meinen, annehmen, daß der Augustschwarm eine Umlaufsbewegung um die Sonne besitzt, die eine Verzögerung seiner Sichtbarkeit zur Folge haben würde? Ist nach ähnlichen Erscheinungen noch für andere Tage desselben Monats zu suchen? Sind die Erscheinungen der Sternschnuppenströme langsamen oder schnellen Präcessionsbewegungen unterworfen? Dies sind Fragen, deren definitive Lösung der Zukunft aufbehalten bleibt.

September.

Im Monat September sind die Beobachtungen von Sternschnuppenschwärmen ziemlich selten; folgende haben sich auffinden lassen:

580, im September. „Zu Tours sah man einen Lichtschein den Himmel durchlaufen.“ (Chasles.)

859, im September. „Feurige Lanzen erscheinen am Himmel.“ (Chasles.)

868, im September. „Feuer fliegt mit der Geschwindigkeit eines Pfeiles durch die Luft.“ (Chasles.)

1820, den 2. Forster hat in England viele Sternschnuppen gesehen. (Quetelet.)

585, den 6. „Es erschienen mehrere Hunderte von Sternschnuppen, die sich beim Herabfallen nach allen Seiten zerstreuten." (Abel Rémusat.)

1822, den 10. „Sonderbare Blitze und Sternschnuppen von erstaunlicher Größe durchkreuzten die Lüfte." (Beobachtung zu Carlstadt in Schweden. Gilb. Ann. Bd. 75.)

1012, den 18. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1451, den 19. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

945, den 20. „Beim Eintritt der Nacht erscheint ein Zeichen am nördlichen Theile des Himmels." (Chasles.)

881, vom 15. bis 23. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1840, den 21. Von 7 bis 10 Uhr Abends haben Wartmann und sein Sohn zu Genf 106 Sternschnuppen gezählt. (Compt. rend. Bd. 11.)

288, den 25. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

585, den 25. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

Wenn man auch keine auffallende Periodicität in dem Erscheinen von zahlreichen Sternschnuppen im Monat September bemerkt, so stehen doch die gemachten Beobachtungen der Ansicht nicht entgegen, daß die Erde zwei Mal, im Anfange des Monats und dann vom 18. bis 25., Asteroidenströme antreffe.

October.

Der Monat October bietet uns eine vermehrte Zahl von Sternschnuppenerscheinungen dar; es finden sich folgende Beobachtungen:

859, im October. „Lanzen erscheinen am Himmel." (Chasles.)

933, im October. „In Aegypten fand ein Erdbeben statt, und die leuchtenden Sterne waren in einer heftigen Bewegung." (Quetelet.)

1399, im October. „Die Sterne schienen, ähnlich einem Feuerregen, an mehreren Orten Italiens herabzufallen." (Quetelet.)

1623, den 10. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1436, den 11. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1847, in der Nacht vom 11. zum 12. Beobachtung zahlreicher Sternschnuppen zu Aachen von Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1439, den 14. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1798, in der Nacht vom 14. zum 15. „Brandes zählte in Göttingen bei den gleichzeitig mit Benzenberg ausgeführten Beobachtungen eine große Menge Sternschnuppen." (Quetelet.)

1743, den 15. „Große Erscheinung von Sternschnuppen in Eng-

land zwischen 9 und 10 Uhr Abends, die von SW. nach NO. flogen." (Quetelet.)

1841, den 17. Beobachtung einer ungewöhnlichen Erscheinung von Sternschnuppen durch Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1849, vom 15. bis 17. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall. (Compt. rend. Bd. 29.)

1838, den 18. In den Morgenstunden sah Malbos zu Bérias (Dep. Ardèche) eine große Zahl Sternschnuppen mit dem Laufe nach W. (Quetelet.)

931, den 19. Nach Frodoard und Muratori „sah man feurige Lanzen den Himmel durchfliegen." (Quetelet.)

931, den 20. Merkwürdige Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

934, den 19. „Man sieht feurige Lanzen den Himmel durchfliegen." (Chasles.)

934, den 19. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1202, den 19. „Die Sterne wogten am Himmel nach O. und nach W.; sie flogen wie zerstreute Heuschrecken von rechts nach links; dies dauerte bis zur Morgenröthe. Das Volk war in Angst." (Soyouti, Geschichte Kairo's; Compt. rend. Bd. 4.)

1002, den 20. Große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

855, den 21. Zahlreiche punktähnliche feurige Erscheinungen durchliefen während der ganzen Nacht den Himmel, und richteten sich nach W. (Chasles und Al. Perrey.) Derselben Erscheinung wird auch von arabischen Schriftstellern in folgenden Ausdrücken gedacht: „Es ereignete sich ein Sternfall während der Nacht, der vom Abend bis zur Morgenröthe dauerte; gleichzeitig fanden Erdbeben überall statt." (Quetelet.)

856, den 21. „Feurige Erscheinungen, ähnlich wie Punkte, durchlaufen während der ganzen Nacht den Himmel." (Chasles.)

1766, den 21. Zahlreiche Sternschnuppen nach Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

1848, vom 20. bis 26. Beobachtung von Sternschnuppen in ungewöhnlicher Zahl, nach Heis. (v. Humboldt, Kosmos.)

902, den 23. „In der Todesnacht des Königs Ibrahim ben Ahmed sah man eine unendliche Menge von Sternschnuppen, die sich einem feurigen Regen gleich nach rechts und links verbreiteten. Das Jahr ward deshalb das Jahr der Sterne genannt." (Compt. rend. Bd. 4.)

1805, den 23. „In Deutschland wurden eine beträchtliche Zahl Sternschnuppen beobachtet." (Quetelet.)

1101, den 23. „Man sah Sterne vom Himmel fallen." (Al. Perrey.)

1845, den 24. Zahlreiche Sternschnuppen von Heis beobachtet. (v. Humboldt, Kosmos.)

585, den 26. „Während dreier Nächte fielen Feuer vom Himmel.“ (Chasles.)

1602, den 27. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1366, den 30. „Anhaltender Regen von Sternschnuppen in solcher Menge, daß Niemand sie zu zählen vermochte“, nach Benesse de Horovic Chronicon Ecclesiae Pragensis. (Quetelet.)

Aus den vorstehenden Beobachtungen geht deutlich hervor, daß die Erde auf ihrem Umlaufe um Mitte October einem bemerkenswerthen Asteroidenschwarme begegnet.

November.

Die für den Monat November aufgezeichneten außerordentlichen Sternschnuppenerscheinungen sind sehr zahlreich und verdienen besonders die Aufmerksamkeit zu fesseln.

979, den 2. „Während der Nacht sah man feurige Lanzen am Himmel.“ (Chasles.)

1533, den 3. Sehr große Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1058, den 7. „Es regnet Blut auf Paris.“ (Chasles.)

1602, den 7. Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1826, vom 6. zum 7. „Man sah auf Teneriffa viele Feuerkugeln (Sternschnuppen).“ (Quetelet.)

970, den 8. Auffallende Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1813, den 8. „Leuchtendes Meteor und viele Sternschnuppen.“ (Quetelet.)

1787, vom 9. zum 10. Viele Sternschnuppen von Hemmer im südlichen Deutschland, besonders in Mannheim, beobachtet. (Kämtz, Meteor. Bd. 3.)

561, nach dem 12. „Feuer durchlief den Himmel in der Todesnacht Clothar's.“ (Chasles.)

1812, in der ersten Hälfte des Monats. Beträchtliche Menge Sternschnuppen auf dem Wege von Koblenz nach Bonn beobachtet von Fournet. (Compt. rend. Bd. 2.)

837, den 12. Bemerkenswerthe Erscheinung in China. (Ed. Biot.)

1799, den 12. Besonders von 2 bis 4 Uhr Morgens flogen Milliarden von Sternschnuppen an dem Himmel hin. Länger als vier Stunden wurde überall vom Aequator bis zum Nordpole dieser außerordentliche Meteorstrom wahrgenommen. Zu Cumana glich die von Humboldt und Bonpland in Osten, in einer 60° breiten und bis gegen 50° Höhe aufsteigenden Zone beobachtete Erscheinung einem in bedeutender Höhe abgebrannten künstlichen Feuerwerke; große Kugeln, die bisweilen scheinbare Durchmesser

hatten, welche dem des Mondes gleichkamen, oder ihn noch um 1/4 übertrafen, ferner unzählige Sternschnuppen, deren Richtung regelmäßig von N. nach S. ging, durchschnitten ununterbrochen einen Himmel von großer Klarheit, auf dem zahlreiche und lange phosphorische Linien gezeichnet waren. Dasselbe Phänomen wurde in Brasilien, in Labrador, in Deutschland in der Nähe von Weimar, und in Grönland bis zu 64° 14′ n. Br. wahrgenommen; ebenso wurde es in dem französischen Guyana von Marbois, und im Bahamacanal von Ellicot gesehen.

1818, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1820, den 12. Nach einem heftigen Gewitter erschien in Rußland bei zunehmender Dunkelheit der Atmosphäre eine große feurige Kugel. (Kämtz, Meteorol. Bd. 3.)

1822, den 12. Mehrere Feuerkugeln in Potsdam und Taucha bei Leipzig; am Abend viele Sternschnuppen. (Kämtz, Meteorol. Bd. 3.)

1823, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1828, Nacht vom 11. zum 12. Während dieser Nacht sah de Bruyas zu Saint-Marcellin (Dep. Isère) eine Feuerkugel und ungewöhnlich zahlreiche Sternschnuppen. (Compt. rend. Bd. 3.)

1831, den 13. Erscheinung einer großen Zahl von Sternschnuppen zu Bruneck in Tyrol, sowie in Amerika. Bérard, Commandant des Schiffes Loiret, sah in der Nähe von Cartagena (an der spanischen Küste) am 13. Nov. um 4 Uhr Morgens eine beträchtliche Zahl von Sternschnuppen und größeren Meteoren. Mehr als 3 Stunden lang erschienen im Durchschnitt zwei in der Minute. (Compt. rend. Bd. 1.)

1832, den 11., 12. und 13. Sehr auffallende, in ganz Europa, Arabien und den Vereinigten Staaten sichtbar gewesene Erscheinung. Sie wurde besonders in Düsseldorf von Custodis beobachtet, der in der Nacht vom 12. zum 13. von 4 bis 7 Uhr Morgens 267 Sternschnuppen zählte; ferner auf der Insel Mauritius in der Nacht vom 12. von Robert, und zwar in solcher Menge, daß die Zählung unmöglich war; ebenso zu Limoges, wo in der Nacht vom 11. zum 12. die Erscheinung eine solche Stärke annahm, daß die Arbeiter erschreckt die Flucht ergriffen; endlich auf dem Wege von Bayeux nach Caen von Leverrier: „Das Phänomen, sagt dieser Astronom, zeigte sich am östlichen Theile des Himmels; die Sternschnuppen folgten einander ohne Unterbrechung und in so großer Zahl, daß man mehrere Stunden gebraucht hätte, um die in demselben Augenblicke sichtbaren zu zählen, wenn dieselben stillgestanden hätten." Die Meteore hatten eine bläuliche Färbung und bewegten sich im Allgemeinen von NO. nach SW. Die Richtung ihrer Bewegung bildete mit dem

Horizonte einen Winkel von ungefähr 30°. (Compt. rend. Bd. 2, 5 und 9.)

1833, Nacht vom 12. zum 13. In Amerika sah man eine Reihe von leuchtenden Meteoren, die raketenähnlich von einem einzigen Punkte nach allen Richtungen gingen; meistens explodirten diese Meteore vor ihrem Verschwinden. Sie ließen auf ihrer Bahn einen phosphorescirenden Streif hinter sich, der meistens gradlinig, in einigen Fällen aber auch schlangenförmig gekrümmt war. Mehrere unter ihnen erschienen ebenso hell als Jupiter und Venus. Kurz vor 6 Uhr Morgens lag der Radiations- oder Divergenzpunkt westlich von γ im Löwen, nicht weit vom Regulus. Während der folgenden Stunde blieb jener Punkt stationär in diesem Theile des Löwen, obgleich in einer Stunde das Sternbild sich ungefähr 15° nach W. verschoben hatte. (Diese Einzelheiten sind aus einem Briefe von Denison Olmstedt, Professor am yale College zu New-Haven in Massachusetts, vom 13. November 1833.) Nach einem andern Berichte wurde das Phänomen schon vor Mitternacht gesehen, also schon am 12. Nov. 1833. Dieselbe Erscheinung wurde gleichfalls beobachtet zu Frederikshaab in Grönland von Müller und zu Gothaab von Kaufelot. Man bemerkte die Meteore längs der amerikanischen Ostküste vom mexikanischen Golf bis nach Halifax von 9 Uhr Abends bis zum Aufgange der Sonne, und an einigen Orten sogar bei Tage um 8 Uhr Morgens. Die Sternschnuppen waren so zahlreich, erschienen in so vielen Regionen des Himmels zugleich, daß man bei dem Versuche sie zu zählen kaum eine rohe Annäherung zu erlangen hoffen durfte. Der Beobachter zu Boston verglich ihre Zahl zur Zeit des Maximums mit der Hälfte der Schneeflocken, die man in der Luft während eines gewöhnlichen Schneefalles bemerkt. Um 6 Uhr Morgens, als das Phänomen schon beträchtlich schwächer geworden war, zählte er 650 Sternschnuppen in 15 Minuten, obgleich seine Beobachtung auf eine Zone beschränkt war, die nur den zehnten Theil des sichtbaren Himmelsgewölbes umfaßte. Diese Zahl erreichte nach ihm aber nur zwei Drittel der Gesammtheit, so daß er hätte 866, und folglich für den ganzen sichtbaren Himmel 8660 finden sollen. Diese letztere Zahl würde 34640 Sternschnuppen in der Stunde geben. Das Phänomen dauerte nun länger als 7 Stunden, so daß die Zahl aller in Boston sichtbar gewesenen Meteore 240000 übersteigen würde; denn man darf nicht vergessen, daß die vorstehender Rechnung zu Grunde gelegten Angaben erst gesammelt wurden, als das Phänomen schon merklich im Abnehmen begriffen war.

1834, Nacht vom 13. zum 14. „Viele Sternschnuppen und Feuerkugeln in Nordamerika." Man bemerkt ebenfalls einen Radiationspunkt im Sternbilde des Löwen. (Quetelet.)

1835, den 13. „Erscheinung vieler Sternschnuppen und Feuerkugeln in Nordamerika." (Quetelet.)

1836, den 12., 13. und 14. In Paris zählten die Astronomen des Observatoriums (Bouvard, Laugier, Mauvais, Plantamour) in der Nacht vom 12. zum 13. von Abends $6^3/_4$ Uhr bis 6 Uhr 35 Minuten Morgens 170 Sternschnuppen; zu Bercy sah Méret am 12. von Mitternacht bis Morgens 6 Uhr 120 Sternschnuppen, von denen 57 aus dem Löwen kamen; im Dep. des Ain zählte Millet d'Aubenton in derselben Nacht 75 Meteore; in Straßburg sah Fargeau von $10^3/_4$ Uhr bis 2 Uhr 37 Minuten Morgens 85; zu Dieppe schätzte Nell de Bréauté die Zahl der Meteore auf zwanzig Mal größer als in den gewöhnlichen Nächten; zu Breslau zählte Boguslawski in der Nacht vom 12. zum 13. von 3 bis 6 Uhr Morgens 146 Sternschnuppen, und in der Nacht vom 14. zum 15. 142 in 12 Stunden; in den Vereinigten Staaten sah Herrick fast 150 Meteore in der Stunde; endlich beobachtete Herschel dasselbe Phänomen am Kap der guten Hoffnung. Die Meteore schienen im Allgemeinen von einem Punkte im Sternbilde des Löwen auszugehen und sich nach dem großen Bären zu richten. (Compt. rend. Bd. 3 und 5.)

1837, den 13. Quetelet gibt eine ziemlich merkliche Zahl von Sternschnuppen iu Belgien und ebenso in Amerika an. Die Meteore schienen von einem Punkte im Kopfe des Löwen auszugehen. (Compt. rend. Bd. 5.)

1838, Nacht vom 13. zum 14. Eine beträchtliche Zahl von Sternschnuppen in Wien von Littrow beobachtet; dasselbe geschah in England und Amerika. Diese Erscheinung war von einem Nordlichte begleitet, das Sir John Herschel am Kap der guten Hoffnung sah. (Quetelet.)

1841, Nacht vom 12. zum 13. Beträchtlicher Sternschnuppenfall. (v. Humboldt, Kosmos.)

1842, vom 10. bis 14. In der Nacht vom 10. zum 11. sah Marcel de Serres zu Montpellier 25 Meteore in der Stunde allein an dem dritten Theile des Himmels; Colla in Parma beobachtete 54 in der Nacht vom 11. zum 12., und Gaudin zählte zu Paris in der Nacht vom 13. zum 14. 20 Meteore in der Minute. (Compt. rend. Bd. 15 und 16.)

1846, Nacht vom 12. zum 13. Als sicher von Humboldt in seinem Kosmos angegebener Sternschnuppenfall.

1847, Nacht vom 12. zum 13. Beobachtung zahlreicher Sternschnuppen zu Benares in Hindostan. (Compt. rend. Bd. 27.)

1849, 12. und 13. Nach einer Mittheilung von Humboldt zählte Boguslawski, unterstützt von einer großen Zahl Studirender, in Breslau am 12. von $10^1/_2$ bis $12^1/_2$ Uhr 88 Meteore, und am 13. in demselben Zeitraume 69. (Compt. rend. Bd. 29.)

1837, vom 14. zum 17. In der Nacht vom 14. zum 15. beobachtete de Nervaux im Dep. der Saône und Loire 39 solcher Meteore in einer halben Stunde, und in der Nacht vom 15. zum 16. zählte Danse in Paris 17 Sternschnuppen in einer Minute.

1832, den 15. Beobachtung von Sternschnuppen in beträchtlicher Zahl durch Addison in der Grafschaft Worcester in England. (Coulvier-Gravier.)

899, den 18. „In Aegypten, sagt ein arabischer Geschichtschreiber, waren die Sterne auf außerordentliche Weise in beständiger Bewegung, indem sie von O. nach W. und von N. nach S. gingen, dergestalt daß kein Sterblicher die Augen auf den Himmel richten konnte." (Quetelet.)

1818, den 19. „Man beobachtete viele Sternschnuppen zu Gosport." (Quetelet.)

1822, den 25. „Der Herzog von Würtemberg sah gegen 10 Uhr Abends eine beträchtliche Menge von S. nach SW. gerichtete Sternschnuppen." (Quetelet.)

930, den 20. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall in China. (Ed. Biot.)

901, den 30. „Die ganze Hemisphäre war voller Meteore, sogenannter Sternschnuppen, von Mitternacht bis zum Morgen; das Erstaunen der Zuschauer dieses Phänomens in Aegypten war beträchtlich." (Quetelet.)

Wie man sieht, sind die Novembermeteorströme in auffallender Weise vom 11. bis 13. wiedergekehrt. Diese periodische Wiederkehr an bestimmten Tagen hat während mehrerer Jahre aufgehört, und gegenwärtig zählt man in jenen Tagen nicht mehr Sternschnuppen als in den gewöhnlichen Nächten.

December.

Die in den Verzeichnissen angemerkten Sternschnuppenströme sind im December weniger zahlreich als im November; sie bieten aber doch eine Periodicität dar, welche werth ist die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich zu ziehen.

586, im December. „Ein Lichtschein wie eine Schlange erschien am Himmel." (Chasles.)

786, im December. „Erschreckliche feurige Lanzen, wie man sie noch nie gesehen hat, erscheinen am Himmel. Man sagt, es habe Blut geregnet." (Chasles.)

940, im December. „In einer Sonntagsnacht sah man am Himmel Lanzen von verschiedenen Farben." (Chasles.)

1002, im December. „Um Sonnenuntergang durchlief eine Schlange die Luft, und feurige Lanzen zeigten sich am Himmel." (Chasles.)

883, zu Anfange des December. Sternschnuppenregen in China. (Ed. Biot.)

848, den 1. „Man sieht mitten in der Nacht feurige Lanzen am Himmel." (Chasles.)

1576, den 5. Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

1741, den 5. Beobachtung vieler Sternschnuppen durch Krafft in Petersburg, nach Musschenbroeck. (Quetelet.)

1798, den 7. Brandes zählte in Bremen in der einzigen Nacht vom 6. zum 7. 480 Sternschnuppen. Im Anfange der Nacht erschienen mehr als 100 in der Stunde, und dies dauerte länger als drei Stunden in einem Raume, der noch lange nicht den fünften Theil des Himmels einnahm. (Quetelet.)

1830, den 7. Außerordentlicher Sternschnuppenfall, angegeben vom Abbé Raillard, Pfarrer in Verceilles unweit Langres. (Compt. rend. Bd. 8.)

1838, vom 6. bis 8. Flaugergues sah zu Toulon am 6. von 8 Uhr 55 Minuten bis 9 Uhr 15 Minuten Abends 42 Sternschnuppen, die von einem um das Zenith gelegenen Punkte ausgingen; Colla hat diese Erscheinung am 7. zu Parma, Quetelet in den Abendstunden des 8. zu Brüssel beobachtet; Herrick zählte zu New-Haven in den Vereinigten Staaten am 7. von 8 bis 10 Uhr Abends 164 Meteore. Drei Viertel derselben schienen von einem nahe beim Stuhle der Cassiopeja gelegenen Punkte auszugehen. (Quetelet.)

1847, den 8. und 10. Heis beobachtete Sternschnuppenströme. (v. Humboldt, Kosmos.)

1833, vom 11. bis 15. In der Nacht vom 11. zum 12. sah Colla zu Parma eine große Menge Sternschnuppen von verschiedenen Größen, die fast alle gegen SSO. gerichtet waren. Dieser Astronom meldet auch reichliche Erscheinung dieser Meteore in der Nacht vom 14. zum 15. (Quetelet.)

1830. „In der Nacht vom 12. bis 13. December wurden bei Heiligenstadt auf dem Eichsfelde in kurzer Zeit an 40 Feuerkugeln bemerkt, welche beim Entstehen einen Blitz verbreiteten, sich mit zischendem Geräusche südöstlich bewegten, und beim Niederfallen den Schein eines Sternes von sich gaben." (Pogg. Ann. 24.)

599, den 29. Zahlreiche Sternschnuppen in China. (Ed. Biot.)

930, den 30. „Ein lebhaftes Licht durchzog den Himmel von NO. nach S." (Chasles.)

848, den 31. „Man sieht erschreckliche feurige Lanzen gegen Norden und Osten." (Chasles.)

Die vorstehenden Beobachtungen zeigen, daß man besonders vom 5. bis zum 15. December nach massenhaften periodischen Sternschnuppenströmen für diesen Monat zu suchen habe.

Zählt man für jeden Monat die Erscheinungen von Sternschnuppenschwärmen zusammen, so erhält man folgende Werthe:

Januar	10	55
Februar	10	
März	12	
April	17	
Mai	4	
Juni	2	
Juli	14	166
August	56	
September	13	
October	29	
November	37	
December	17	

Es ist bemerkenswerth, daß ebenso wie die Meteorsteinfälle, die Erscheinungen der Feuerkugeln und die sporadischen Sternschnuppen, auch die Sternschnuppenströme viel zahlreicher sind vom Juli bis December als vom Januar bis Juni. Die Erde begegnet also in ihrem Laufe einer größern Anzahl kosmischer Meteore, wenn sie sich vom Aphelium zum Perihelium bewegt, als wenn sie vom Perihelium zum Aphelium geht.

Siebentes Kapitel.

Historische Notizen über die Erklärung der kosmischen Meteore.

In dem Leben Lysander's drückt sich Plutarch nach Humboldt's Uebersetzung in folgender Weise aus: „Wahrscheinlich ist die Meinung Einiger, die gesagt haben: die Sternschnuppen seien nicht Abflüsse noch Verbreitungen des ätherischen Feuers, welches in der Luft verlösche gleich bei seiner Entzündung; noch auch Entflammung und Entbrennung von Luft, die sich in Menge abgelöst habe nach der oberen Region: sondern Wurf und Fall himmlischer Körper, welche,

wie durch einen Nachlaß des Schwunges und eine ungeregelte Bewegung, durch einen Absprung, nicht blos auf den bewohnten Raum der Erde geschleudert werden, sondern meistentheils außerhalb in das große Meer fallen, weshalb sie auch verborgen bleiben."

Diese Ansichten sind den Vorstellungen verwandt, welche jetzt im Allgemeinen über den Ursprung der kosmischen Meteore Geltung haben. In dem folgenden Satze des Diogenes von Apollonia findet sich in noch bestimmterer Weise die Meinung der neuern Zeit über den Umlauf dieser Meteore im Raume, bevor sie durch Entzünden oder Herabfallen auf die Erde sichtbar werden. „Unter den sichtbaren Sternen, sagt der Philosoph von Apollonia, bewegen sich auch unsichtbare, denen man folglich keinen Namen hat geben können. Letztere fallen oft auf die Erde und verlöschen, wie jener Stern aus Stein, der ganz feurig bei Aegospotamos fiel." Mit diesen richtigen Ideen verbanden sich zweifelsohne auch irrige Hypothesen, die besonders aus jenem Hange zu eingebildeten Systemen hervorgingen, in welchen während so vieler Jahrhunderte allen Phänomenen ein irdischer Ursprung zuschrieben wurde, und denen gemäß unsere Erde als Centralkörper des Universums, von welchem Alles käme und auf welchen sich Alles bezöge, betrachtet werden sollte.

Gegen die Erklärung der Entzündung der kosmischen Meteore, wonach dieselbe nämlich durch eine Verbindung ihrer Materie mit den Stoffen unserer Atmosphäre infolge einer durch den Widerstand der Luft und die außerordentlich große Geschwindigkeit der Sternschnuppen und Feuerkugeln veranlaßten Temperaturerhöhung hervorgerufen werden soll, hat man die große Höhe eingewandt, in der viele dieser Phänomene erscheinen. Es ist indeß nicht schwer, diese Schwierigkeit zu umgehen, und Ursachen aufzufinden, durch welche feurige Materien weit jenseit der äußersten Schichten der gasförmigen Umhüllung unseres Planeten sich entzünden können. Poisson spricht sich in dieser Beziehung in seinen Recherches sur la probabilité des jugements folgendermaßen aus:

„In einem Abstande von der Erde, wo die Dichtigkeit der Luft ganz und gar unmerklich ist, würde es schwierig sein, das Erglühen der Meteorsteine, wie man gethan hat, einer Reibung an den Luft-

theilchen zuzuschreiben. Könnte man nicht annehmen, daß das elektrische Fluidum in neutralem Zustande eine Art Atmosphäre bilde, die sich weit über die Luftmasse hinaus erstreckte, die, obschon physisch imponderabel, doch der Anziehung der Erde unterworfen wäre, und folglich unserm Planeten in seinen Bewegungen folgte? Nach dieser Hypothese würden die Körper, um die es sich handelt, bei ihrem Eintritte in diese imponderable Atmosphäre durch ungleiche Wirkung auf die beiden Elektricitäten das neutrale Fluidum zersetzen, und so durch Elektrisiren sich erhitzen und glühend werden."

Da die Phänomene, welche die kosmischen Meteore darbieten, nicht constant sind, so ist übrigens die Annahme natürlich, daß mehrere Ursachen zu ihrer Erscheinung beitragen können. In einem Briefe an Quetelet macht Schmidt mit Recht darauf aufmerksam, „daß in den Meteoren die Farbenübergänge aus dem glänzendsten Weiß in Gelb, Gelblichroth, Grün und nebliges Grau, und ebenso der Farbenunterschied zwischen dem Schweife und dem eigentlichen Körper der Sternschnuppe eine individuelle chemische Verschiedenheit verrathen, so daß nicht alle Sternschnuppen als dieselbe Constitution besitzend betrachtet werden dürfen."

Die Anhänge und Schweife, setzt derselbe Astronom hinzu, verdienen nicht weniger unsere Aufmerksamkeit; denn merkwürdigerweise sind diese letztern bald vollkommen grade mit parallelen Rändern, bald breiter und glänzender nach der Mitte; bald zeigen sie sich am breitesten und glänzendsten an dem Orte, wo das Meteor erlischt. Die schnellere Abnahme des Lichtes, welche man einige Male in der Mitte der Schweife beobachtet hat, scheint im Allgemeinen die schon öfter ausgesprochene Ansicht zu bestätigen, daß die Schweife die Gestalt eines hohlen Cylinders oder Kegels besitzen.

Viele Physiker und Astronomen haben einen gewissen Zusammenhang zwischen den großen Erscheinungen kosmischer Meteore und den Nordlichtern angenommen; das Zusammentreffen der beiden Erscheinungen ist aber zu selten mit Sicherheit beobachtet, als daß man die Thatsache schon jetzt als erwiesen ansehen dürfte.

Ich habe angeführt, daß die großen Sternschnuppenströme gemeiniglich in einer der Translationsbewegung der Erde in ihrer Bahn

grade entgegengesetzten Richtung erscheinen. Diese Beobachtung führt zu der Annahme, daß man durch Verlängerung der Tangente an dem Punkte der Bahn, wo die Erde sich in jedem Augenblicke befindet, dasjenige Sternbild am Himmelsgewölbe treffen muß, von dem aus die Sternschnuppen zu divergiren scheinen. Bisweilen gibt es mehrere Ausgangspunkte, die nicht immer in demselben Sternbilde liegen; woraus man schließen muß, daß die Sternschnuppenschwärme bestimmte Ringe um die Sonne bilden. „Für die Augustperiode, sagt mein berühmter Freund A. v. Humboldt, hat Heis außer dem Hauptausgangspunkt des Algol im Perseus noch zwei andere gefunden, im Drachen und im Nordpol." Heis ist in folgender Weise verfahren:

„Um genaue Resultate über die Ausgangspunkte der Sternschnuppenbahnen in der Novemberperiode für die Jahre 1839, 1841, 1846 und 1847 zu ziehen, wurden für einen jeden der vier Punkte (Perseus, Löwe, Cassiopeja und Drachenkopf) einzeln die zu demselben gehörigen Mittelbahnen auf eine 30zöllige Himmelskugel aufgezeichnet, und jedes Mal die Lage des Punktes ermittelt, von welchem die meisten Bahnen ausgingen. Die Untersuchung ergab, daß von 407 der Bahn nach verzeichneten Sternschnuppen 171 aus dem Perseus nahe beim Sterne η im Medusenhaupte, 83 aus dem Löwen, 35 aus der Cassiopeja in der Nähe des veränderlichen Sternes α, 40 aus dem Drachenkopfe, volle 78 aber aus unbestimmten Punkten kamen. Die Zahl der aus dem Perseus ausstrahlenden Sternschnuppen betrug also fast doppelt so viel als die des Löwen."

Die neuern Beobachtungen, die so sehr vervielfältigt worden sind, seit A. v. Humboldt und ich beharrlich die Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit des Phänomens gelenkt haben, scheinen übrigens zu beweisen, daß die beiden Richtungen, welche die Verbindungslinien der Erde mit den Sternbildern des Perseus und des Löwen angeben, in der Erzeugung von Sternschnuppen stets eine große Rolle spielen. A. v. Humboldt theilt über diesen Gegenstand einen Auszug aus einem von J. Schmidt (jetzt in Olmütz) an ihn geschriebenen Briefe mit:

„Abstrahire ich von den reichen Sternschnuppenfällen im November 1833 und 1834, so wie von einigen der spätern Art, wo der

Punkt im Löwen ganze Schaaren von Meteoren aussandte; so bin ich gegenwärtig geneigt, den Perseus-Punkt als denjenigen Convergenzpunkt zu betrachten, welcher nicht blos im August, sondern das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Dieser Punkt liegt, wenn ich die aus 478 Beobachtungen von Heis ermittelten Werthe zu Grunde lege, in RA. 50°,3 und Decl. 51°,6 (gültig für 1844,6). Im November 1849 (7. bis 14.) sah ich ein paar hundert Sternschnuppen mehr, als ich seit 1841 je im November bemerkt hatte. Von diesen kamen im Ganzen nur wenige aus dem Löwen, bei weitem die meisten gehörten dem Sternbilde des Perseus an. Daraus folgt, wie mir scheint, daß das große Novemberphänomen von 1799 und 1833 damals (1841) nicht erschienen ist. Auch glaubte Olbers an eine Periode von 34 Jahren für das Maximum der Novembererscheinung. Wenn man die Richtungen der Meteorbahnen in ihrer ganzen Complication und periodischen Wiederkehr betrachtet: so findet man, daß es gewisse Radiationspunkte gibt, die immer vertreten sind; andere, die nur sporadisch und wechselnd erscheinen."

Die scheinbaren Bewegungen der Sternschnuppen sind bisweilen rechtläufig, bisweilen aber auch rückläufig, d. h. sie sind bisweilen, anstatt von dem Löwen anscheinend auszugehen, gegen dieses Sternbild gerichtet. Balz hat mit Recht die Aufmerksamkeit auf diese Eigenthümlichkeit des Phänomens gelenkt, die man nur durch die Annahme erklären kann, daß die rechtläufige absolute Bewegung der Asteroidenringe, welche in beträchtlichem Abstande die Sonne umgeben, bald etwas langsamer, bald etwas schneller ist als die Bewegung der Erde.

Die verschiedenen Asteroidenringe, welche die Sonne umgeben, können sehr verschieden zusammengesetzt sein, und sehr ungleich dicht zusammengehäufte Schwärme darbieten. Indeß, wenn diese Körper auch für uns nur bei ihrer Annäherung an die Erde sichtbar werden, müssen sie sich doch auf die Sonne projiciren. Nun verdunkelt sich die Sonne bisweilen plötzlich, und ihr Licht wird dergestalt geschwächt, daß man Sterne am vollen Mittage sieht. Humboldt erinnert mit Recht, „daß ein derartiges Phänomen, das weder durch vulkanische Asche oder Höherauch (Moorrauch) erklärbar ist, im Jahre 1547 um

die Zeit der verhängnißvollen Schlacht bei Mühlberg eintrat, und drei Tage dauerte. Diese wundersamen Verfinsterungen, setzt derselbe hinzu, wurden von Keppler bald einer materia cometica, bald einem schwarzen Gewölk, das rußige Ausdünstungen des Sonnenkörpers erzeugen, zugeschrieben. Kürzere, drei- und sechsstündige Verdunkelungen in den Jahren 1090 und 1208 erklärten Chladni und Schnurrer durch vorbeiziehende Meteormassen."

Messier erzählt, daß er am 17. Juni 1777 um die Mittagszeit fünf Minuten lang eine außerordentliche Zahl schwarzer Kügelchen vor der Sonne vorbeiziehen sah. Waren diese Kügelchen nicht ein Theil eines der Asteroidenringe, deren Vorhandensein alle Beobachtungen der kosmischen Meteore wahrscheinlich machen? Zwei andere Verdunkelungen der Sonne, eine im Anfange des Februar 1106, und eine zweite am 12. Mai 1706, während welcher um 10 Uhr Morgens die Finsterniß so groß wurde, daß die Fledermäuse zu fliegen begannen, und man genöthigt war Licht anzuzünden, scheinen keine andere Erklärung zu gestatten. Astronomen, unter ihnen A. Erman und Petit, haben daraus mit einiger Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß man in der Zwischenstellung einer großen Menge von Asteroiden, eines der fraglichen Asteroidenringe von beträchtlicher Dicke, zwischen Erde und Sonne die Ursache der Temperaturerniedrigung zu suchen habe, die periodisch im Februar und Mai eintritt.

Sonach gibt es also Körper, deren Vorhandensein uns blos durch Phänomene des Erglühens in der Nähe unserer Erde bekannt geworden ist, und die uns nur durch die Verdunkelung des im Brennpunkte aller Planetenbahnen befindlichen leuchtenden Gestirns sichtbar werden. Sollten nun aber diese Körper, wenn sie Ringe von einer gewissen Dichtigkeit bilden, nicht auch, wenigstens als Gesammtmasse durch Reflexion des Sonnenlichtes sichtbar werden können? Bei seinen Untersuchungen über das Zodiakallicht (Bd. 12, S. 174) wurde Dom. Cassini zu der Annahme einer ungeheuren Nebelmasse geführt, die in großem Abstande kreisförmig um die Sonne, nahezu in der Aequatorebene dieses Gestirns, verbreitet wäre. Es würde dann das Zusammentreffen unserer Erde bei ihrem Laufe um die Sonne mit den Körpern dieser Nebelmasse sämmtliche im Vorhergehenden betrachteten kos-

mischen Meteore erzeugen. Auf solche Weise treten doch endlich die verschiedenen Phänomene am gestirnten Himmel und in der Meteorologie, selbst wenn sie anfangs durch ihre Unbeständigkeit alle noch so scharfsinnigen Bemühungen der Menschen zu vereiteln scheinen, nach einem gründlichen Studium in eine großartige Beziehung zu einander.

Siebenundzwanzigstes Buch.

Jupiter.

Erstes Kapitel.

Anblick des Jupiter. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Jupiter wird durch das Zeichen ♃ dargestellt, in welchem einige den verzerrten Anfangsbuchstaben der griechischen Benennung dieses Planeten (*Ζεύς*), andere aber ein Bild der Zickzackform des Blitzes wieder zu finden geglaubt haben. Der Name, welchen die Aegypter diesem Planeten beilegten, bedeutete glänzend; sie nannten ihn auch Osiris. Die Griechen deuteten seinen Glanz an, indem sie ihn bisweilen mit dem Namen *Φαέθων* bezeichneten. Die indische Benennung Jupiters war nach Bopp Vrihaspati, oder nach älterer vedischer Schreibart, der Lassen folgt, Brihaspati, Herr des Wachsens; dieser Name einer vedischen Gottheit ist gebildet aus vrih (brih) wachsen und pati Herr[1]).

Das Funkeln des Jupiters, wenn anders dasselbe existirt, ist nur unter sehr exceptionellen Umständen bemerkt worden.

Die Winkeldistanz des Jupiters von der Sonne, gerechnet von der Erde als Mittelpunkt von West nach Ost, wächst immerfort von 0 bis 360°. Wenn diese Distanz 0 ist, so sagt man, der Planet stehe in Conjunction; er geht dann mit der Sonne gleichzeitig durch den Meridian. Dagegen findet sein Durchgang durch den Meridian um Mitternacht statt, wenn die Winkeldistanz beider Himmelskörper 180° erreicht; Jupiter steht dann in der Opposition. In den

Quadraturen steht Jupiter, wenn seine Winkeldistanz von der Sonne 90 oder 270° beträgt; er geht dann um 6 Uhr Morgens oder 6 Uhr Abends durch den Meridian. Diese Regelmäßigkeit in der scheinbaren Bewegung des Jupiter hört aber auf, sobald man den Planeten mit den Fixsternen vergleicht.

Zu der Zeit, wo man Morgens kurz vor dem Aufgange der Sonne den Planeten am Horizonte erblickt, erscheint seine Bewegung in Bezug auf die Sterne direct oder von West nach Ost gerichtet, und seine Geschwindigkeit ist in ihrem Maximum. Von da an nimmt die Geschwindigkeit der täglichen Bewegung immerfort ab bis zu der Zeit, wo der Planet ungefähr 115° von der Sonne entfernt ist. An diesem Tage, so wie an den nächstfolgenden, erscheint der Planet stationär, so daß man ihn, falls ihn nicht sein Glanz verriethe, mit einem Fixsterne verwechseln könnte. Darauf beginnt Jupiter seinen scheinbaren Lauf durch die Sternbilder von Osten nach Westen; in dieser rückläufigen Bewegung erreicht seine Geschwindigkeit ihr Maximum am Tage der Opposition. Von da aus wird sie wieder langsamer, und der Planet erscheint zum zweiten Male stationär, wenn seine Winkeldistanz von der Sonne abermals ungefähr 115° beträgt.

Nach einigen Tagen setzt sich der Planet wieder in Bewegung, anfangs langsam, später mit wachsender Geschwindigkeit und zwar stets in der Richtung von West nach Ost, bis zur Conjunction. Der Bogen seiner rückläufigen Bewegung mißt ungefähr 10°, und die Zeit, welche Jupiter gebraucht, um ihn zu durchlaufen, beträgt 121 Tage. Indeß ändern sich diese beiden Zahlen merklich je nach der Stellung des Planeten in seiner Bahn.

Die Bewegung des Jupiter erfolgt nicht in der Ebene der Ekliptik; er ist bisweilen 1° 19′ davon entfernt.

Die Zeit, welche Jupiter gebraucht, um zu denselben Sternen zurückzukehren oder die Dauer seines siderischen Umlaufs beträgt 4332,5848 Tage oder 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Min. 7 Sec.

Die synodische Umlaufszeit, oder die Zeit seiner Rückkehr zu derselben Stellung in Bezug auf die Sonne beträgt 399 Tage oder 1 Jahr 34 Tage; 278 Tage dauert die rechtläufige, und 121 Tage die rückläufige Bewegung.

Die Neigung der Jupitersbahn gegen die Ebene der Ekliptik beträgt 1° 18′ 52″, und ihre Neigung gegen den Erdäquator 23° 18′ 28″.

Der mittlere Abstand des Planeten von der Sonne ist 5,203, den mittleren Abstand der Erde von der Sonne gleich 1 gesetzt; der Abstand im Perihelium ist 4,953 und im Aphelium 5,153.

Die Excentricität ist gleich 0,048; die Länge des Periheliums 11° 7′ 38″; die des aufsteigenden Knotens 98° 25′ 45″, und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 81° 54′ 49″.

Diese Elemente der Jupitersbahn sind den Bouvard'schen Tafeln entnommen.

Werden die von der Sonne der Erde zugesandten Licht- und Wärmemengen gleich 1 gesetzt, so empfängt die Oberfläche des Jupiter nur die Menge 0,037.

Jupiter zeigt selbst in den Quadraturen keine merklichen Phasen; im 8. Kapitel werden wir aus anderweitigen Beobachtungen schließen können, daß der Planet nicht selbstleuchtend ist, sondern das Licht, mit welchem er glänzt, von der Sonne entlehnt.

Jupiter glänzt so hell, daß verschiedene Beobachter bei sehr reinem Himmel und zur Zeit seines größten Glanzes die Wahrnehmung gemacht zu haben glauben, daß sein Licht hinter einem undurchsichtigen Körper einen merklichen Schatten werfe.

Zweites Kapitel.

Größe des Jupiter.

Der Winkeldurchmesser des Jupiter ist sehr merklich und ändert sich mit seiner Stellung; die größten Werthe desselben treten um die Zeit der Opposition ein, während die kleinsten um die Zeit der Conjunction beobachtet werden. Diese Aenderungen in der scheinbaren Größe seiner Scheibe beweisen, daß der Planet von der Erde nicht immer gleich weit entfernt ist; bei mittlerem Abstande des Jupiter von der Erde steigt sein größter Durchmesser (im 4. Kapitel wird man den Grund dieser Beschränkung finden) bis 38″4 und dieser Werth

schwankt zwischen den Gränzen 30″ und 46″; daraus folgt, daß der wahre Durchmesser des Jupiter 11,2 beträgt, wenn der unserer Erde gleich 1 gesetzt wird.

Der körperliche Inhalt des Jupiter, denselben als sphärisch angenommen, würde also 1414 Mal größer sein, als der der Erde.

Die Figur 329 zeigt die Verhältnisse der scheinbaren Größen der Scheibe des Jupiter, und zwar A in seinem größten, C in seinem

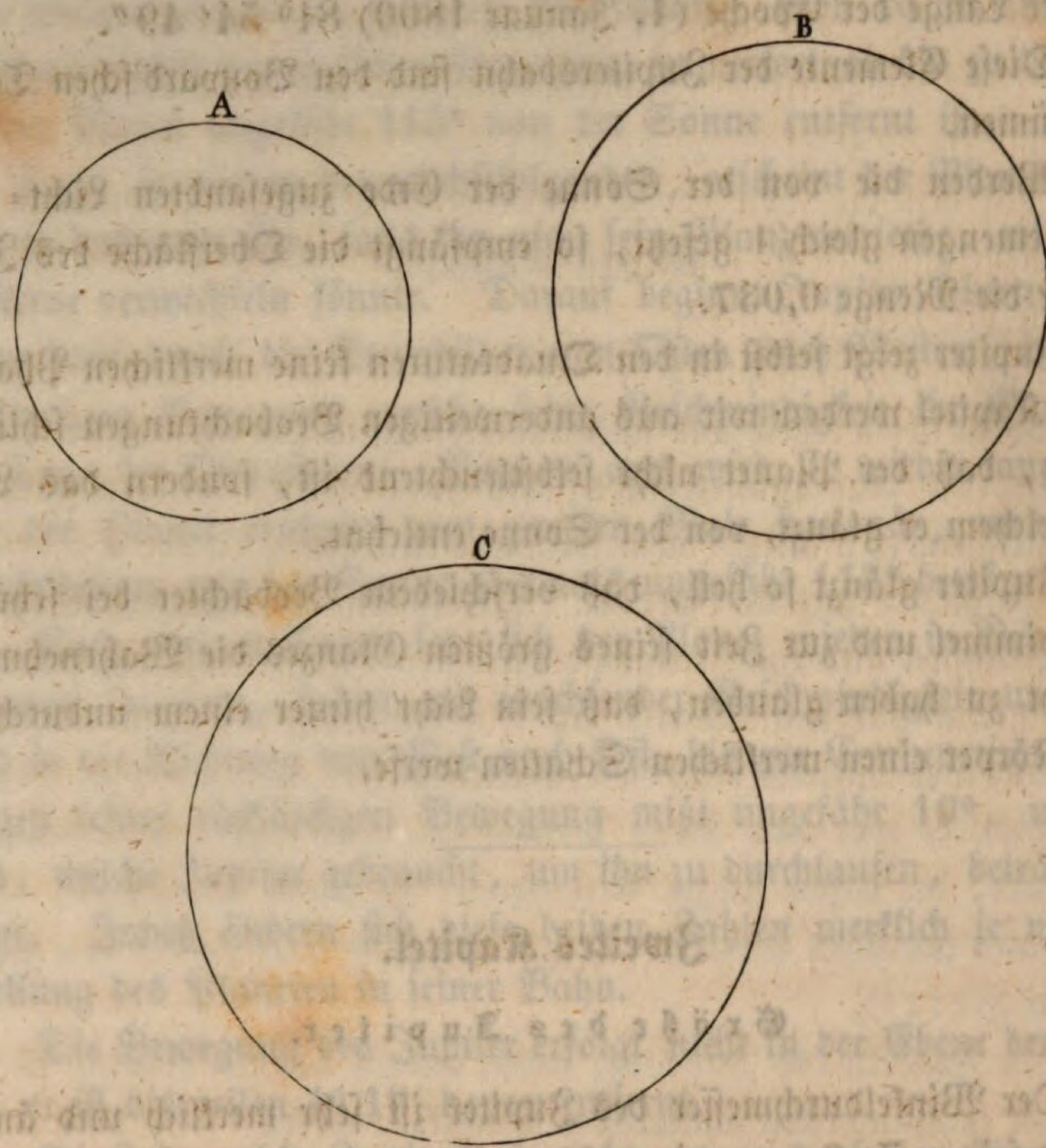


Fig. 329. — Scheinbare Größen der Scheibe des Jupiter in den extremen und mittleren Abständen von der Erde.

kleinsten und B in dem mittleren Abstande von der Erde; diese Figur ist nach demselben Maaßstabe entworfen (1 Millimeter für 1 Secunde), wie die früheren Figuren in diesem Werke, welche die Scheiben des Merkur, der Venus und des Mars darstellen.

Der wahre mittlere Durchmesser des Jupiter beträgt 19294 Meilen.

Drittes Kapitel.

Flecken des Jupiter. — Seine Rotationsbewegung.

Zufällige, auf der sichtbaren und leuchtenden Oberfläche des Planeten beobachtete Flecken liefern den Beweis, daß diese Oberfläche sich in der Richtung von West nach Ost sich um sich selbst dreht, und zwar in einer viel kürzern Zeit als die Umdrehung der untern Planeten Merkur und Venus, und selbst des Mars erfolgt.

Die Umdrehungszeit der sichtbaren Oberfläche des Jupiter beträgt im Mittel 9 Stunden 55 Minuten.

Indeß ergeben nicht alle Flecken genau dasselbe Resultat, woraus wir schließen müssen, daß sie selbst eine gewisse Beweglichkeit besitzen, oder daß sie immitten einer den Planeten umhüllenden Atmosphäre entstehen.

Die Umdrehungsaxe des Jupiter ist fast senkrecht auf der Bahn, welche dieser Planet um die Sonne beschreibt; ihre Neigung ist nämlich 86° 54′; der Winkel, welchen diese Umdrehungsaxe mit der Ebene der Ekliptik macht, beträgt 88° 13′.

Im Jahr 1665 entdeckte Cassini in Italien die Rotation des Jupiter; es diente ihm dazu ein Flecken, welcher dem südlichen Streifen anzuhängen schien, und dessen Mittelpunkt von dem des Planeten um ein Drittel des Halbmessers abstand; der hierbei erhaltene Werth war 9 Stunden 56 Minuten. Später, im Jahr 1672, gaben analoge, von demselben großen Astronomen an einem Flecken, den er mit dem in Italien beobachteten für identisch hielt, angestellte Beobachtungen 9 Stunden 55 Minuten 51 Secunden. Als er 1677 diese wichtige Untersuchung wieder aufnahm, fand er die Umdrehungszeit 9 Stunden 55 Minuten 50 Secunden; indeß hatte diese schöne Uebereinstimmung 1690 ein Ende. Aus der um diese Zeit ausgeführten Beobachtung eines Fleckens, der dem südlichen Streifen sehr nahe am Mittelpunkte anzuhängen schien, fand er für die Rotation 9 Stunden 51 Minuten. Dies von dem frühern so abweichende Resultat wurde

1691 durch die Beobachtung zweier hellen Flecken auf dem dunkeln Streifen, welcher auf der Nordseite dem Mittelpunkte am nächsten liegt, und ebenso eines dunkeln zwischen den beiden centralen Streifen gelegenen Fleckens bestätigt. Im Jahr 1692 gaben Flecken für die Umlaufszeit sogar nur den Werth von 9 Stunden 50 Minuten [2]).

Die beträchtlichen Unterschiede zwischen diesen verschiedenen Resultaten haben zu der Annahme geführt, daß die Flecken in einer sehr bewegten Atmosphäre schwimmende Wolken seien. Diese Flecken besitzen, wie dies aus den vorstehenden Resultaten folgt, eine um so raschere Bewegung, je näher sie dem Mittelpunkte des Planeten liegen. Man könnte also, sagt Fontenelle, die Bewegungen dieser Flecken mit den Strömen vergleichen, welche in der Nähe des Erdäquators herrschen [3]). Indeß scheint mir dieser Vergleich nicht stichhaltig; die Passatwinde wehen von Ost nach West, und reißen in derselben Richtung die in diesen Gegenden der Atmosphäre befindlichen Wolken mit sich fort. Diese Wolken entsprechen also durch ihre Ortsveränderung in 24 Stunden immer westlicher und westlicher gelegenen Theilen der festen Erdrinde; folglich müßte ein auf dem Monde oder auf der Sonne befindlicher Beobachter, der die Umdrehungszeit der Erde aus der Beobachtung einer dieser Wolken bestimmen wollte, eine größere Zahl als die aus der Beobachtung eines Punktes der festen Erdrinde selbst sich ergebende finden.

Im Jahre 1781 hat Herschel eine Abhandlung veröffentlicht, in welcher er über die im Jahre 1778 mittelst eines und desselben schwarzen Fleckens erhaltenen Bestimmungen der Umdrehungszeit des Jupiter berichtet [4]); sie variiren von 9 St. 55 Min. 40 Sec. bis 9 St. 54 Min. 53 Sec. Im Jahre 1779 gab ein heller ebenfalls in der Gegend des Aequators befindlicher Flecken für die Umdrehungszeit bald 9 St. 51 Min. 45 Sec., bald 9 St. 50 Min. 48 Sec.

Herschel erklärt die großen Differenzen zwischen allen diesen Beobachtungen durch die eigenen Bewegungen der Flecken, und hält es mit Fontenelle für wahrscheinlich, daß dieselben von Winden herrühren, welche in den äquatorealen Gegenden des Planeten wehen, ähnlich wie unsere Passatwinde, jedoch mit Ausnahme der Richtung, wie wir so eben gesehen haben. Ich will hinzufügen, daß man, um die verschie-

denen Resultate Herschels mit dem im Allgemeinen von Cassini gegebenen Werthe von 9 St. 56 Min. für die außerhalb des Aequators befindlichen Flecken zu vereinigen, annehmen müßte, gewisse von Herschel beobachtete Wolken hätten in 10 Stunden eine eigene Bewegung von fast drei Graden des Jupitersäquators, d. h. eine Geschwindigkeit von 48 Meilen in der Stunde besessen [5]).

Die neuesten Beobachtungen über die Umdrehungszeit des Jupiter sind von Beer und Mädler gemacht worden; sie umfassen den Zeitraum vom November 1834 bis zum April 1835. Aus den Beobachtungen von in 5° nördl. Br. gelegenen Flecken erhielten sie 9 St. 55 Min. 26 Sec., wobei zu bemerken, daß dies Resultat ein Mittelwerth ist, und daß die durch Beobachtung von zwei gleichzeitig vorhandenen Flecken erhaltenen Umdrehungszeiten nicht gleich sind [6]). Fast zu derselben Zeit von Airy ausgeführte Beobachtungen gaben diesem Astronomen 9 St. 55 Min. 21 Sec. mittlerer Zeit.

Ich schließe dieses Kapitel mit einer Zusammenstellung der von verschiedenen Astronomen aus der Beobachtung verschieden gelegener Flecken erhaltenen Resultate.

Cassini	9 St.	56 Min.	— Sec.	im Jahre 1665
Derselbe . . .	9	50	—	1692
Maraldi . . .	9	56	—	1713
J. de Sylvabelle	9	56	—	1773
Herschel . . .	9	55	40	1778
Derselbe . . .	9	50	48	1779
Schröter . . .	9	56	56	1785
Derselbe . . .	9	55	18	1786
Airy	9	55	24	1834 u. 1835
Beer und Mädler	9	55	26	1834 u. 1835.

Viertes Kapitel.

Gestalt des Jupiter.

Der Durchmesser des Jupiter in der Richtung seiner Umdrehungsaxe ist im Verhältniß von 17 zu 18 kleiner als der Aequatorealdurchmesser oder der auf dem erstern senkrecht stehende.

Im Jahre 1647 sagte Hevel in seiner Selenographie, daß Jupiter ihm ziemlich rund erscheine [7]).

J. D. Cassini bemerkte um 1665 in Italien, daß die Scheibe dieses Planeten nicht rund war, daß vielmehr der Aequatorealdurchmesser den Polardurchmesser übertraf. Picard und Flamsteed, denen diese Beobachtung mitgetheilt ward, hielten dieselbe für richtig; aber weder der eine noch der andere dieser beiden Astronomen versuchte oder vermochte die Größe dieser Abplattung zu bestimmen. Gegen Ende des Jahres 1690 bemerkte derselbe J. D. Cassini keine Abplattung an der Scheibe des Jupiter, obwohl er dieser Gestaltsveränderung alle Aufmerksamkeit zuwandte und ihr ein besonderes Kapitel einer 1691 veröffentlichten Abhandlung widmete.

Im Jahre 1691 gab Cassini die Größe der Abplattung zu $^1/_{15}$ an.

Im Jahre 1719 fand Pound, der dieselbe auf Newton's Ansuchen mittelst eines Huygens'schen Fernrohrs von 130 Fuß gemessen hatte, als Mittelwerth $^1/_{13}$.

Derham berichtet in seiner Physikotheologie, daß die zu seiner Zeit lebenden Astronomen den Unterschied zwischen den beiden Durchmessern des Jupiter auf $^1/_{40}$ schätzten; er glaubte aber nicht, daß eine so kleine Differenz durch Beobachtung bestimmt werden könnte und zweifelte für seine Person an dem Vorhandensein einer Abplattung [8]).

Rochon erhielt 1777 durch die Beobachtung an einem einzigen Abende eine Abplattung von $^1/_{16}$.

Short beobachtete mit einem achromatischen Heliometer und glaubte nach Lalande's Berichte diese Abplattung auf $^1/_{14}$ setzen zu können [9]).

Schröter hat um 1785 $^1/_{12}$ erhalten [10]).

Ich selbst habe durch zahlreiche auf der pariser Sternwarte vom April 1812 bis zum Juni 1814 gemachte Beobachtungen $^1/_{17}$ gefunden.

Nach Struve würde diese Abplattung $^1/_{14}$ oder genauer $^1/_{13,7}$ betragen.

Beer und Mädler haben 1839 $^1/_{20}$ gefunden[11]).

Es ist auffallend, daß die verschiedenen Astronomen, durch welche die Größe der Abplattung des Jupiter bestimmt worden, sich nicht die Frage vorgelegt haben, ob dieser Planet elliptisch sei, ob ein um 45° gegen den Aequatorealdurchmesser geneigter Durchmesser eine mittlere Größe zwischen jenem und dem Polardurchmesser besitze? Ich selbst habe diese Frage nicht unbeachtet gelassen; zahlreiche 1813 in 45° Abstand vom Pole oder vom Aequator ausgeführte Messungen haben mir keinen Grund zu der Annahme gegeben, daß die Scheibe des Jupiter merklich von einer Ellipse abweiche.

Schröter berichtet, daß er und seine Mitarbeiter, mit verschiedenen Instrumenten versehen, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eines Tages eine locale Abplattung am Südpole des Planeten sahen. Sie fügen hinzu, daß sie zu der Zeit, wo nach der Berechnung mittelst der Umdrehungszeit das Phänomen sich hätte wieder zeigen sollen, dasselbe nicht wahrzunehmen vermochten. Diese zufällige Beobachtung scheint sonach in die Klasse der optischen Täuschungen zu gehören, gegen welche auch die geübtesten Beobachter sich nicht immer zu schützen vermögen.

Fünftes Kapitel.

Die Streifen des Jupiter. — Seine Atmosphäre.

Außer den Flecken, welche zur Bestimmung der Umdrehungszeit gedient haben, bemerkt man auf der Scheibe des Jupiter dunkle Streifen (Gürtel), die ganz um den Planeten herumlaufen; diese Streifen sind unter einander und mit der Ebene der Ekliptik parallel oder, wenn man will, senkrecht auf seine Umdrehungsaxe.

Die Streifen des Jupiter sind leicht, selbst mit sehr mäßig vergrößernden Instrumenten wahrzunehmen; weshalb es nicht wenig in Erstaunen setzt, daß derselben in Galilei's Schriften keine Erwähnung

geschieht. Sollten dieselben zur Zeit dieses unsterblichen Beobachters nicht existirt haben?

Riccioli berichtet, daß die ersten Beobachtungen dieser Streifen zu Rom von dem Pater Zucchi am 17. Mai 1630 gemacht worden seien; auch nennt er die Jesuitenpaters Zuppi und Bartoli, sowie Fontana als solche, welche dieselben Streifen 1633 wahrgenommen hätten [12]).

Huygens erzählt in seinem 1659 erschienenen Systema saturnium, daß er bisweilen die Streifen des Jupiter leuchtender als die übrige Scheibe gesehen habe; jetzt sind sie merklich dunkler. Ist dies aber ein Grund, um die Beobachtung des holländischen Astronomen in Abrede zu stellen? Wie wir sogleich sehen werden, verschwinden die Streifen bisweilen; könnte nicht der Fall eintreten, daß zur Zeit wo sie sich wieder bilden, die Materie, die ihren Platz einnahm, in einen eigenthümlichen Zustand geriethe, der sie geeignet machte, das Sonnenlicht stärker zu reflectiren als alle anderen Theile der Scheibe?

Die neuen Vorgänge, welche am Himmel statt gefunden zu haben scheinen, und deren bald Erwähnung geschehen wird, besonders die 1850 im Innern des Saturnsringes wahrgenommenen, müssen uns sehr vorsichtig machen, wenn es sich um Aussprüche über die Wirklichkeit älterer aus glaubwürdigen Quellen stammender Beobachtungen handelt.

J. D. Cassini führt in seiner 1691 zu Paris erschienenen Abhandlung an, daß die beiden dunklen und centralen Streifen des Jupiter bereits 1630 wahrgenommen worden seien. Diese beiden Streifen sind merkwürdig durch ihre, wenn nicht absolute, so doch wenigstens relative Beständigkeit; Cassini behauptete 1691, sie seien seit 40 Jahren sichtbar. Ich habe nur relative Beständigkeit gesagt, weil es scheinen dürfte, als ob diese beiden centralen Streifen doch bisweilen verschwinden. In der That berichtet Hevel in seiner Selenographie, daß er 1647 auf dem Jupiter keine Streifen sah, obschon er Wolken daselbst bemerkte. Auch William Herschel versichert in einer 1793 veröffentlichten Abhandlung, daß er ein Mal den Planeten ganz ohne Spuren von Streifen sah. Im Jahre 1834 und 1835 war der nördliche Streifen nicht vorhanden; er war auf dem ganzen Umfange

des Planeten unsichtbar. Im December 1835 sah Mädler den südlichen centralen Streifen sich der Länge nach in zwei theilen.

Am 16. December 1690 bemerkte Cassini außer den beiden beständigen Streifen zwei südliche und zwei andere nördliche Streifen, die aber nicht ganz um den Planeten herumgingen, so daß Jupiter von sechs unter einander genau parallelen Streifen durchschnitten war.

Was auch die Ursache davon sein mag, es existiren auf dem Jupiter unter allen Breiten dunkle Materien, die eine Neigung haben sich in Streifen anzuordnen, welche mit den äquatorealen Streifen parallel sind.

Diese zufälligen Streifen laufen gewöhnlich nicht ganz um den Planeten herum; sie sind dergestalt unterbrochen, daß die Rückkehr ihrer Enden zu einer bestimmten Lage auf der scheinbaren Scheibe des Planeten zur Bestimmung der Umdrehungszeit dienen kann. Diese Bruchstücke von Streifen haben eine nur kurze Dauer; sie entstehen und vergehen in wenigen Tagen und selbst in wenigen Stunden.

Zuvor habe ich gesagt, daß die verschiedenen Streifen unter einander genau parallel seien; in Berlin während der Jahre 1834 und 1835 durch die bereits öfter genannten Astronomen Beer und Mädler gemachte Beobachtungen würden zu der Folgerung führen, daß sie bisweilen eine schwache Neigung gegen den Aequator des Planeten zeigen; dieselben geben an, daß die Mittellinie des nördlichen centralen Streifens mit dem Aequator einen Winkel von 49′ bildete [13]).

Die Ansichten in Betreff der Ursache der Streifen haben sehr wenig geschwankt; Huygens schrieb sie in seinem Systema saturnium mit dem Aequator des Planeten parallelen Wolken zu; ich erinnere daran, daß Huygens diese Streifen zu seiner Zeit leuchtender fand als die übrigen Theile der Scheibe.

Da Cassini die Beständigkeit des südlichen Streifens nicht mit einem atmosphärischen Phänomene vereinbar hielt, so glaubte er anfangs, daß dieser dunkle Streifen durch eine minder starke Zurückwerfung des Lichtes von einer besondern, ihm entsprechend vertheilten Materie entstehe, z. B. durch das Vorhandensein eines breiten äquatorealen flüssigen Gürtels, der im Norden und Süden von zwei festen und das Licht viel stärker reflectirenden Regionen eingeschlossen wäre. Nur

muß man, sagt Cassini, wenn eine dem Wasser ähnliche Flüssigkeit Ursache der Streifen ist, annehmen, daß die Kugel des Jupiter mit Thälern bedeckt ist, die seinem Aequator parallel gehen, ähnlich den Rinnen einer nur grob auf der Drehbank abgedrehten Kugel.

Herschel sprach seine Ansicht über die Ursache dieser Streifen Jupiters in einer Abhandlung über die Venus im Jahre 1793 in folgender Weise aus: „Ich nehme an, daß die zwischen den dunklen eingeschlossenen hellen Streifen des Jupiter die Zonen sind, wo die Atmosphäre dieses Planeten am meisten mit Wolken erfüllt ist. Die dunklen Streifen entsprechen denjenigen Gegenden, wo die vollkommen reine Atmosphäre den Sonnenstrahlen bis zu den festen Theilen des Planeten durchzudringen gestattet, wo meines Dafürhaltens die Reflexion weniger stark ist, als an den Wolken."

Liest man eine Abhandlung Herschel's vom Jahre 1781, so wird man finden, daß dieser große Astronom eine Ansicht Cassini's oder vielmehr Fontenelle's annahm, indem er an das Vorhandensein von den Passatwinden analogen Luftströmungen in den Aequatorgegenden Jupiters glaubte. Die Hauptwirkung dieser regelmäßigen Winde sollte ihm zufolge darin bestehen, die Dämpfe der Atmosphäre um den Aequator in parallele Streifen zu vereinigen.

Sollen derartige Vergleichungen der Phänomene auf dem Jupiter mit den in den Aequinoctialgegenden der Erde beobachteten aus dem Bereiche bloßer Vermuthungen heraustreten, so würden genaue Ermittelungen der Intensitäten der Streifen im Verhältniß zu der Lichtstärke der übrigen Theile der Scheibe erfordert werden; mittelst genauer Messungen und nicht mittelst bloßer Schätzungen wäre ferner zu untersuchen, wie viel Wahres enthalten ist in jener Behauptung von Huygens, daß der Abstand der Streifen nicht immer derselbe sei, und ebenso in jenem fast damit zusammenfallenden Ausspruche John Herschel's in seinen Outlines of Astronomy: „Die Streifen ändern sich in Farbe und Lage [14])."

Meines Erachtens würde sich die erste dieser beiden Aufgaben in folgender Weise lösen lassen:

Gesetzt, das Licht des Jupiter sei polarisirt, und, um von einem bestimmten Falle auszugehen, möge die Polarisationsebene vertical

liegen. Wenn wir nun ein Rochon'sches Fernrohr mit doppeltbrechendem Prisma auf den Planeten richten, und den sogenannten Hauptschnitt dieses Prismas ebenfalls vertical stellen, so werden wir in dieser Stellung nur ein Bild des Jupiter erblicken; das zweite unregelmäßig oder ungewöhnlich gebrochene Bild kann erst entstehen, sobald wir den Hauptschnitt des Prismas aus der verticalen Lage herausdrehen. Die Lichtstärke dieses zweiten Bildes, das stets auf Kosten des ersten entsteht, wird immerfort nach bekannten Gesetzen zunehmen, je mehr sich das Prisma aus seiner ursprünglichen Lage entfernt. Wenn wir also, um bestimmte Zahlenwerthe zu gebrauchen, die Lichtstärke des gewöhnlichen Bildes in der anfänglichen Lage des Prismas mit 20 bezeichnen, so ist die des ungewöhnlichen gleich Null; nach einer gewissen Drehung des Prismas erhält das gewöhnliche Bild die Intensität 19 und das ungewöhnliche die Intensität 1; bei weiterer Drehung ersteres 18, letzteres 2, darauf ersteres 17, letzteres 3, u. s. f. Gesetzt, das ungewöhnliche Bild eines hellen Streifens sei an Intensität gleich dem gewöhnlichen Bilde eines dunklen Streifens, wenn das Licht dergestalt zwischen diesen zwei Bildern sich theilt, daß ersteres die Intensität 4 erhält und in letzterem die Intensität 16 bleibt: so werden die ursprünglichen Intensitäten der beiden Streifen in dem Verhältniß von $^{16}/_{20}$ zu $^{4}/_{20}$ oder von 16 zu 4 gestanden haben.

Betrachten wir nun einen der beständigen dunklen Streifen, zwischen welchen der helle Aequatorealstreifen liegt, so wird es leicht sein, den Drehungswinkel des Prismas zu finden, bei welchem das ungewöhnliche Bild dieses centralen Streifens genau dieselbe Intensität besitzt als das übrig bleibende gewöhnliche Bild des dunklen Streifens; eine einfache Rechnung lehrt dann das Verhältniß der Lichtintensitäten des hellen und dunklen Streifens in dem normalen Zustande des Planeten kennen.

Sollte man die Vergleichung der in zwei verschiedenen Bildern gelegenen Streifen wegen der ganzen Umgebung nicht für thunlich halten, so könnte man den dunklen Streifen des regelmäßigen Bildes zwischen zwei Fäden oder besser zwischen zwei undurchsichtige feste Platten eines gewöhnlichen Mikrometers, und ebenso das unregelmäßige Bild des hellen Streifens zwischen zwei bewegliche Platten desselben

den Mikrometers einschließen; auf diese Weise blieben dann allein die zu vergleichenden Objecte sichtbar und die Beobachtung ihrer gleichen Lichtstärke würde sich ohne Schwierigkeit ausführen lassen. Zu der Zeit, wo ich mich mit Messungen am Jupiter beschäftigte, habe ich diese Beobachtungen nicht ausgeführt, weil ich damals nicht mit Sicherheit wußte, in welchem Verhältnisse sich das polarisirte Licht zwischen dem regelmäßigen und unregelmäßigen Bilde eines doppeltbrechenden Prismas theilt.

Was die zweite der obigen Aufgaben anbelangt, so will ich eine Anzahl Messungen aus meinen Beobachtungsjournalen entnehmen, die zu ihrer Lösung dienen können.

Meine ersten die Bestimmung der Lage der dunklen Streifen in Bezug auf den Rand der Scheibe bezweckenden Messungen gehen zurück bis 1810. Bei diesen Messungen erhielt ich den Abstand des südlichen Randes des südlichen dunklen Streifens von dem Südrande des Planeten in Theilen des Durchmessers des Jupiter

am 29. October 1810	0,282
am 7. November	0,272
am 13. November	0,266
am 18. December	0,313
am 21. December	0,304
am 1. Februar 1811	0,303
am 28. September	0,285
am 5. Mai 1812	0,311
am 17. Mai	0,268
am 5. Mai 1813	0,321
am 13. Mai	0,328
am 31. Mai	0,313
am 3. Juni	0,311
am 7. Juni	0,295
am 10. Mai 1814	0,312
am 12. Mai	0,332
am 18. Mai	0,326
am 20. Mai	0,312
am 9. Juni	0,338
am 13. Juni	0,320
am 14. Juni	0,338
am 22. März 1835	0,293

am 23. März	0,315
am 25. März	0,296
am 29. März	0,295
am 6. Februar 1837	0,361
Mittlere Entfernung des südlichen Randes des südlichen Streifens vom Südrande des Jupiter .	0,308

Den Abstand des nördlichen Randes des südlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

am 7. November 1810	0,549
am 21. December	0,533
am 14. Juni 1814	0,422
am 22. März 1835	0,568
am 23. März	0,568
am 25. März	0,553
am 29. März	0,572
am 5. Februar 1837	0,525
Mittlerer Abstand des nördlichen Randes des südlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter	0,536
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des südlichen Streifens vom Südrande des Jupiter .	0,308
Summe der Abstände der Ränder dieses Streifens von den Rändern des Planeten	0,844
Breite des südlichen Streifens	0,156

Den Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens von dem Südrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

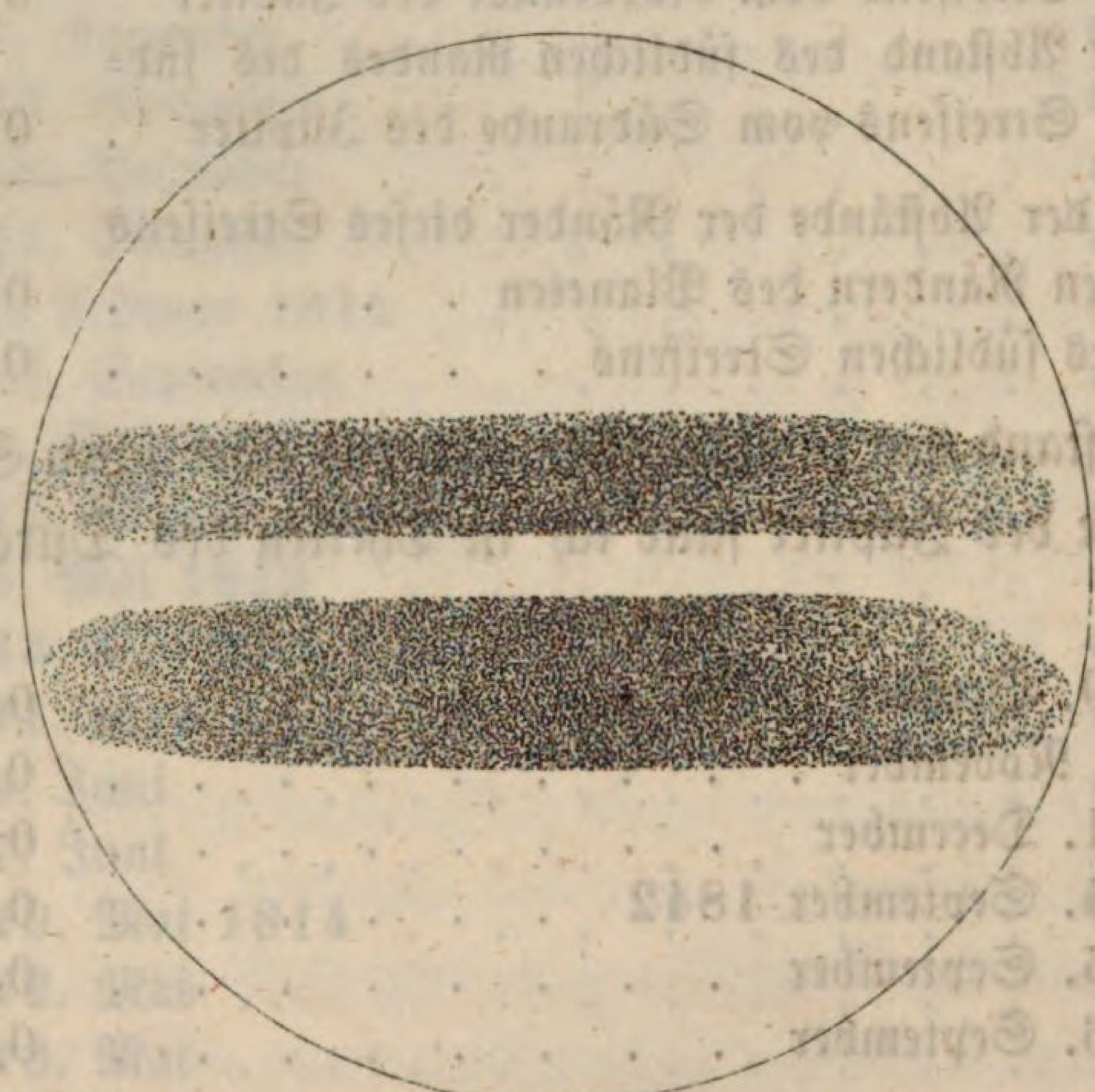
am 29. October 1810	0,471
am 7. November	0,483
am 21. December	0,478
am 14. September 1842	0,553
am 15. September	0,590
am 16. September	0,581
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens vom Südrande des Jupiter .	0,526

Den Abstand des nördlichen Randes des nördlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter fand ich in Theilen des Durchmessers des Planeten

am 7. November 1810	0,356
am 18. December	0,392
am 21. December	0,391
am 1. Februar 1811	0,360
am 13. Juni 1814	0,363
am 14. September 1842	0,312
am 15. September	0,312
am 16. September	0,333
Mittlerer Abstand des nördlichen Randes des nördlichen Streifens vom Nordrande des Jupiter .	0,353
Mittlerer Abstand des südlichen Randes des nördlichen Streifens vom Südrande des Jupiter .	0,526
Summe der Abstände der Ränder des Streifens von den Rändern des Jupiter	0,879
Breite des nördlichen Streifens	0,121

Fig. 330 stellt die beiden Streifen des Jupiters nach den eben mitgetheilten Messungen dar.

Nord



Süd

Fig. 330. — Dunkle Hauptstreifen des Jupiter nach Arago's Messungen.

Die Streifen des Jupiter scheinen sich nicht bis zu den Rändern der Scheibe zu erstrecken; sehen wir, ob sich diese merkwürdige That-

sache mit der Erklärung vereinigen läßt, welche oben über die dunklen und hellen Streifen gegeben wurde. Die Thatsache würde dann ein deutlicher Beweis für die Wahrheit der Erklärung werden.

Die leuchtenden Streifen sind angegebenermaßen durch die Reflexion des Sonnenlichtes in den mit Wolken bedeckten Zonen hervorgerufen, während die dunklen Streifen das Resultat einer schwächern Reflexion des Lichtes an dem festen Theile des Planeten sein sollen. Es ist klar, daß wenn es gelänge auf künstlichem Wege die erstere Zurückwerfung zu verringern, oder die zweite zu verstärken, dergestalt daß beide gleich wären, die Streifen verschwinden müßten, weil sie nur durch die Wirkung des Helligkeitsunterschiedes ihres Lichtes sichtbar werden. Eine solche Verminderung und Vermehrung der Zurückwerfung tritt nun aber in den nach den Rändern hin gelegenen Theilen des Planeten von selbst ein; denn eine Wolke muß um so weniger leuchtend erscheinen, je schiefer sie die Sonne bescheint, und andererseits muß der Theil der durchsichtigen Atmosphäre, welcher einem dunklen Streifen entspricht, um so mehr Licht zurücksenden, je größere Tiefe er besitzt.

Alles was man aus dem eigenthümlichen Umstande, daß der centrale helle Streifen des Jupiter und ebenso die ihn nördlich und südlich begrenzenden dunklen Streifen sich nicht bis zu den Rändern des Planeten erstrecken, folgern kann, besteht darin, daß die Helligkeitsverminderung infolge der Schiefe, unter welcher die den centralen Streifen bildenden Wolken sich uns darstellen, und die Zunahme in der Lichtintensität infolge einer größern Ausdehnung der den dunklen Streifen in der Nähe des Randes entsprechenden Atmosphäre sich so weit compensiren, daß die dunklen und der centrale Streifen in der Nähe des Randes dieselbe Lichtstärke zeigen.

Sechstes Kapitel.

Lichtstärke des Jupiter.

Im 1. Kapitel S. 265 haben wir gesehn, daß nach dem Verhältniß der mittleren Entfernung des Jupiter von der Sonne zu der

Entfernung der Erde von derselben die Intensität des Lichtes und der Wärme auf der Oberfläche jenes Planeten 0,037 betragen muß, wenn die entsprechenden Intensitäten auf der Oberfläche unserer Erde gleich 1 gesetzt werden.

In einem als Antwort auf eine Schrift Liceti's über das aschfarbene Licht an den Großherzog von Toscana gerichteten Briefe sagt Galilei, daß Jupiter hinter undurchsichtigen Körpern Schatten werfe, die kaum weniger intensiv seien, als die durch das Licht der Venus erzeugten. Diese interessante Bemerkung verliert einen großen Theil ihres Werthes, weil die besondern Umstände, unter denen sie gemacht worden ist, nicht angegeben werden.

Jupiter wirft Schatten. Geschieht dies aber blos im verfinsterten Zimmer? dann wäre es nichts Ungewöhnliches. Geschieht es auf einer ausgedehnten Wand, die nur von dem Lichte des halben sichtbaren Himmels erleuchtet wird? Oder geschieht es auf einer horizontalen Fläche, welche von sämmtlichen sichtbaren Gestirnen der einen Hälfte des Sternenhimmels Licht empfängt? Alle diese Fragen müssen beantwortet werden, wenn jene Thatsache zu strengen und brauchbaren Folgerungen führen soll. Wir wollen sehen, wie zu diesem Zwecke die Versuche angeordnet werden müßten.

Ein horizontaler Papierschirm wird durch das von allen sichtbaren Sternen ausgehende Licht erleuchtet; unter ihnen befindet sich auch Jupiter. Man errichtet einen dünnen verticalen Stab auf demselben. Dann wird ein Theil des Schirmes, derjenige nämlich, auf welchen der Kernschatten des Stabes von Seiten des Jupiter fällt, das Licht dieses Planeten nicht mehr empfangen; alles Uebrige befindet sich in demselben Zustande wie zuvor: man wird nun den Theil des Schirmes, welcher dem Kernschatten des zwischengestellten Körpers entspricht, nur in dem Falle wahrnehmen, wo das Licht des Planeten einen merklichen Theil des von allen andern leuchtenden Sternen darüber ausgegossenen Lichtes ausmacht.

Im Allgemeinen nimmt man an, daß ein Licht durch sein Hinzutreten zu einem andern Lichte nur dann eine merkliche Wirkung erzeugt, wenn es wenigstens seiner Stärke nach den fünfundfunfzigsten Theil des letztern erreicht. Unter dieser Annahme würde also der Kern-

schatten nur in dem Falle merklich an Helligkeit gegen den übrigen Theil des Schirmes zurückstehen, wenn das Licht des Jupiter, welches zu beiden Seiten dieses Schattens auffällt, eine Intensität besäße, die wenigstens $^1/_{55}$ der Intensität des von der ganzen Halbkugel des Himmels auf das Papier gesandten Lichtes ausmachte.

Würde dann durch eine vorgesetzte Glasscheibe das vom Jupiter kommende Licht, und zwar dies nur allein, geschwächt, so ließe sich experimentell der Augenblick bestimmen, wo dies Licht gleich $^1/_{55}$ des von allen sichtbaren Sternen ausgehenden Lichtes wäre.

Ich brauche wohl hier nicht alle die Folgerungen aufzuzählen, welche man aus derartigen mit Sorgfalt und unter verschiedenen Umständen (z. B. wenn am Himmel glänzende Kometen stehen, wenn das Zodiacallicht sich zeigt u. s. w.) ausgeführten Versuchen würde ziehen können.

Siebentes Kapitel.

Vergleichung der Lichtintensitäten in den Polar- und Aequatorealgegenden des Jupiter.

Indem ich die beiden in einem mit doppeltbrechendem Prisma versehenen Fernrohre erzeugten Scheiben des Jupiter nahe an den Rotationspolen des Planeten in einer Ausdehnung von $^{36}/_{100}$ des Radius übereinanderfallen ließ, fand ich, daß das daraus resultirende Segment schwächer oder höchstens von derselben Intensität war, als die zwischen den beiden dunklen Streifen enthaltene Aequatorealgegend in einem der beiden Bilder.

Daraus folgt also, daß in einem ziemlich großen Raume an den Polen des Planeten das von dort zu uns reflectirte Licht wenigstens zwei Mal schwächer ist als das aus der Aequatorzone kommende.

Diese Beobachtung datirt vom 13. Juni 1814.

Eine ähnliche, am folgenden Tage gemachte Beobachtung führte zu demselben Resultate.

Achtes Kapitel.

Monde des Jupiter. — Ihre scheinbaren Bewegungen um diesen Planeten.

Jupiter wird von vier kleinen Sternen begleitet, die er in allen den verschiedenen Stellungen, in welche ihn seine eigene Bewegung am Himmel bringt, mit sich führt. Diese mit dem Namen Satelliten, Trabanten oder Monde belegten Gestirne bewegen sich um den Mittelpunkt des Planeten in der Richtung von West nach Ost, und beschreiben fast kreisförmige Bahnen von verschiedenen Größen.

Als ersten Mond bezeichnet man denjenigen, der sich am wenigsten, und als vierten denjenigen, der sich am weitesten von dem Planeten entfernt. Der zweite und dritte Mond bewegen sich in Abständen, welche in der angegebenen Ordnung zwischen den Entfernungen des ersten und vierten liegen.

Da die Umlaufszeiten dieser Monde sehr ungleich sind, so erblickt man sie bisweilen zu je zwei auf der Ost- und Westseite des Planeten; ein anderes Mal stehen drei dieser Satelliten fast in grader Linie auf einer Seite, während der vierte allein auf der entgegengesetzten erscheint; endlich kann auch der Fall eintreten, daß alle vier Monde zusammen sich auf der Ost- oder auf der Westseite und immer fast in einer graden Linie zeigen.

Wenn die Monde zwischen dem Jupiter und der Sonne hindurchgehen, so werfen sie ihren Schatten auf den Planeten; für die Bewohner des letztern entstehen dann wahre Sonnenfinsternisse.

Ein auf der Erde befindlicher Beobachter kann diese Schatten sehr wohl von den gewöhnlichen Flecken des Jupiter unterscheiden; dieselben sind rund, schwarz, scharf begrenzt, und scheinen sich fast mit derselben Geschwindigkeit im Centrum und an den Rändern des Planeten zu bewegen. Die Dauer ihrer Sichtbarkeit auf der Planetenscheibe ist derjenigen gleich, welche man aus der Bewegung des sie erzeugenden Mondes durch Rechnung erhält.

Die Schatten, von denen zuvor die Rede war, sind vollkommen schwarz; Jupiter scheint also an den durch die Monde gegen das Sonnenlicht geschützten Stellen kein Licht auszustrahlen, ist also kein selbstleuchtender Körper, sondern glänzt nur in reflectirtem Sonnen-

lichte; ein Resultat, das wir bei diesem Planeten, da er keine merkbaren Phasen zeigt, nicht auf dieselbe Weise erhalten konnten, die uns bei dem Studium der physischen Beschaffenheit des Merkur, der Venus und des Mars so gut zum Ziele führte.

Zu den Zeiten, wo man die Schatten sich auf Sehnen der Planetenscheibe hinbewegen sieht, projiciren sich auch die Monde selbst auf die leuchtende Scheibe; sie folgen diesen Schatten nach vor der Opposition, gehen ihnen aber voran nach der Opposition des Planeten.

Bei diesen Vorübergängen beschreiben die Monde ebenfalls Sehnen der Scheibe; oft erscheinen sie wie glänzende Flecken, manchmal aber auch wie dunkle Punkte von geringerer Ausdehnung als die Kernschatten. Dieser letztere Umstand läßt sich naturgemäß durch die Annahme erklären, daß dann auf den Oberflächen der Monde materielle oder atmosphärische Stoffe sich befinden, welche das Licht viel weniger reflectiren als die umliegenden Theile.

Wenn die ganz hellen Monde vor der Planetenscheibe vorübergehen, so hat man beobachtet, daß dieselben, obwohl in der Nähe des Randes gut sichtbar, doch gegen den Mittelpunkt hin verschwinden; woraus folgt, daß der Rand des Planeten weniger leuchtend ist, als sein Mittelpunkt, und daß Jupiter mit einer Atmosphäre umgeben sein muß.

Die Monde des Jupiter verschwinden bisweilen in einem merklichen Abstande vom Rande des Planeten. Dieser interessante Vorgang erklärt sich sehr einfach. Da Jupiter ein undurchsichtiger Körper ist, so wirft er hinter sich einen Schattenkegel, dessen Axe die Verbindungslinie seines Mittelpunktes mit dem der Sonne ist, und dessen Seiten von den graden Linien gebildet werden, welche gleichzeitig die entsprechenden Ränder beider Gestirne berühren; in diesen Kegel dringt kein Strahl der Sonne. Wenn also die Monde durch ihn hindurchgehen, so müssen sie unsichtbar werden, falls sie, wie Jupiter, ihr Licht von der Sonne erhalten. Diese Erscheinung ist in allen Punkten mit derjenigen vergleichbar, welche unser Mond uns bei seinen totalen Verfinsterungen darbietet. In der That, wie letzterer vor seinem völligen Verschwinden allmälich schwächer wird, je mehr er in den sogenannten Halbschatten der Erde, welcher den Kernschatten derselben

umgibt, eintritt (Bd. 13, S. 436), ebenso verhalten sich auch die Jupitersmonde vor ihrem Eintritte in den Kernschatten, weil auch dieser Schattenkegel von einem Halbschatten umgeben ist.

Wenn der Eintritt des ersten Jupitersmondes in den Schattenkegel zu einer gewissen Zeit in einem merklichen Abstande von dem Planeten erfolgt ist, so geschieht der Austritt aus demselben an einer Stelle jenes Kegels, welche der Erde durch den undurchsichtigen Körper des Jupiter verdeckt wird. Man wird also an diesem Satelliten nicht an einem und demselben Tage Ein- und Austritt beobachten können [15].

Genau ebenso verhält es sich mit dem zweiten Monde. Wenn dagegen der dritte und vierte durch den Schattenkegel nahe bei seiner Spitze hindurchgehen, also an einem ziemlich weit vom Planeten abstehenden Orte, so kann man, weil die Bahnen derselben merklich gegen die Ebene der Ekliptik geneigt sind, bisweilen an einem und demselben Abende ihr Eintreten und ihr darauf folgendes Austreten beobachten.

Das vollständige Verschwinden der Monde während ihres Verweilens in dem Schattenkegel beweist, daß sie von der durch die Sonne nicht beschienenen Seite des Jupiter kein Licht empfangen, und daß also dieser Planet nicht, wie lange Zeit geglaubt worden, phosphorescirt; was wir auch aus der völligen Dunkelheit der bisweilen auf die sichtbare Planetenscheibe geworfenen Schatten hätten schließen können, wenn auch wegen des hellen Lichtes, von welchem diese Schatten umgeben sind, mit geringerer Sicherheit.

Neuntes Kapitel.

Geschichtliche Bemerkungen über die Entdeckung der Monde.

Die Entdeckung der Jupitersmonde war eine der ersten Früchte von der Anwendung des Fernrohrs auf die Beobachtung der Gestirne.

Am 7. Januar 1610 bemerkte Galilei zu Padua neben dem Planeten, welchen das neue Instrument als merkliche, wohl begrenzte Scheibe gezeigt hatte, drei kleine Sterne; zwei standen östlich, der dritte westlich. Am folgenden Tage sah er sie alle drei westlich; am dritten Tage erblickte er nur zwei und zwar standen dieselben östlich

von der Scheibe des Jupiter. Alle diese Erscheinungen konnten nicht durch eine überhaupt zulässige Ortsveränderung des Planeten erklärt werden; sie wiesen vielmehr auf eine eigene Bewegung dieser kleinen Sterne hin. Voll Erstaunen über dieses merkwürdige Resultat verdoppelte Galilei seine Aufmerksamkeit; am 13. Januar sah er vier Sterne. Kurz, er bewies, daß es am Himmel ein Gestirn gibt, um welches Nebenplaneten kreisen, ebenso wie die von Alters her bekannten Planeten um die Sonne laufen; es war eine kopernicanische Welt im Kleinen; die Ideen dieses großen Mannes schienen hinfort nicht mehr zurückzuweisen zu sein. Als Keppler die Beobachtungen des florentinischen Astronomen erfuhr, rief er, den Ausspruch des Kaisers Julian nachahmend: Galilaee, vicisti!

Galilei wünschte, daß die neuentdeckten Sterne den Namen der mediceischen Gestirne führen sollten, indeß hat die Benennung Jupitersmonde die Oberhand behalten.

In einem 1612 an den Großherzog von Toscana geschriebenen Briefe gibt Galilei folgende Werthe für die Umlaufszeiten der Jupitersmonde:

Erster Mond . . .	1 T.	18	St.	
Zweiter Mond . .	3 =	$13^1/_3$	=	ungefähr.
Dritter Mond . . .	7 =	4	=	beinahe.
Vierter Mond . . .	16 =	18	=	beinahe.

Man hat behauptet, daß die Entdeckung der Jupitersmonde mit allgemeiner Freude begrüßt worden sei; indeß lassen sich aus sehr zuverlässigen Quellen Angaben entlehnen, welche beweisen, daß dem nicht so gewesen. Eine ganze Akademie, die zu Cortona, behauptete, diese Monde wären nur das Resultat einer durch das Fernrohr erzeugten optischen Täuschung. In den Dialogen, welche sich in dem Werke Sizio's finden, antwortet eine der redend auftretenden Personen auf die Frage, warum man nur vier Monde um den Jupiter sehe: weil das Fernrohr so beschaffen ist (proporzionato), daß es solche Erscheinungen in dem Abstande vom Jupiter und nicht auch in andern Abständen erzeugt. (Venturi I, p. 126.) Clavius sagte im October 1610, daß man, um die Monde zu sehen, zuerst ein Fernrohr machen müßte, das sie erzeugte; doch muß ich hinzusetzen, daß er im darauf

folgenden December dieser Ansicht entsagte, die natürlich sofort unhaltbar wurde, als er selbst diese Gestirne beobachtet hatte (p. 142). Galilei erzählt, daß in Pisa ein Philosoph Namens Libri gelebt habe, der nie zu bewegen gewesen, durch das Fernrohr zu blicken, um die Jupitersmonde zu sehen. „Ich hoffe, setzt Galilei hinzu (genannter Libri war eben gestorben), daß er, der diese Monde auf der Erde nicht hat sehen wollen, sie auf dem Wege nach dem Himmel wird wahrgenommen haben" (p. 144).

Man hatte sogar die causae finales zu Hülfe geholt, um das Nichtvorhandensein der Satelliten zu beweisen. So fragte Horky, wozu vom Standpunkte der Astrologie aus die vier in dem Nuntius sidereus angekündigten Monde dienen sollten? Ein schottischer, zu Galilei's Zeit lebender Schriftsteller, Woderbonius, antwortete sehr geistreich und treffend: „Sie werden dienen, um die Horky's und alle abergläubischen Astrologen in Verwirrung zu bringen" (p. 129).

In Deutschland endlich behauptete Simon Marius, daß er diese Monde vor Galilei beobachtet habe. Ich will seinen Ansprüchen einige Zeilen widmen. Der Mundus jovialis von Simon Marius, worin er über die Jupitersmonde handelt, ist 1614 erschienen, also vier Jahre später als der Nuntius sidereus von Galilei, der gegen Ende des Jahres 1610 erschien, und die Resultate der ersten Beobachtungen seines Verfassers über die Jupitersmonde enthält. Die erste von dem deutschen Astronomen angegebene Beobachtung entspricht der zweiten des Galilei; indeß wird diese Uebereinstimmung nicht beim ersten Blicke bemerkt, weil Simon Marius nach dem nicht verbesserten Kalender rechnet, was seinen Beobachtungen eine Priorität von 10 Tagen vor denen Galilei's, der nach dem gregorianischen Kalender rechnet, zu geben scheint.

Die Vorrede, welche das 1614 erschienene Werk von Simon Marius begleitet, würde, die Wahrheit ihrer Angaben vorausgesetzt, beweisen, daß dieser Astronom bereits Ende November oder Anfangs December 1609 erkannt hätte, daß kleine Sterne um den Jupiter kreisen. Darf man aber dieser verspäteten Reclamation von Marius Glauben schenken, wenn man daran denkt, daß er bereits etwas in die Anklage des Plagiats verwickelt war, welche Galilei gegen Balthasar

Capra bei Gelegenheit des Proportionalcirkels erhob, ein Proceß, den Galilei vollständig gewann?

Uebrigens ist die Veröffentlichung einer Entdeckung durch den Vortrag in einer Akademie oder durch den Druck das einzige Mittel, um das Anrecht an dieselbe festzustellen, und in dieser Beziehung würde die Priorität Galilei's nicht bestritten werden können*).

Diese letzte Bemerkung kann ebenfalls als Entgegnung auf die verspäteten Reclamationen dienen, die man zu Gunsten eines sehr ausgezeichneten, jung verstorbenen englischen Gelehrten Harriot gemacht hat. Nach Zach's Angabe sollen Harriot's Manuscripte den Beweis enthalten, daß er die Jupiterstrabanten seit dem 16. Januar 1610 gesehen habe; dies Datum wäre also später als die ersten Beobachtungen Galilei's und würde es noch viel mehr sein, wenn der englische Verfasser nach dem julianischen Kalender gerechnet hat[17]).

Ein neuerer Brief des Doctor Robertson an David Brewster enthält folgende genauere Angaben hierüber. Die ersten von Harriot gemachten Beobachtungen der Jupitersmonde sind vom 17. October 1610. Das geschriebene Blatt, wo sich die Stellungen derselben für jenen Tag finden, trägt von Harriot's Hand die Bemerkung: „Meine erste Beobachtung der neuen Planeten." Auf einem andern Blatte steht: „1611. Zweites Jahr meiner Beobachtungen der Planeten des Jupiter." Uebrigens sind rohe Zeichnungen der Stellungen der Satelliten alles, was man in diesen Manuscripten findet.

Von Zach berichtet, die Jupitersmonde wären zu Aix in der Provence im November 1610 durch Peyresc, Gassendi und Gautier beobachtet worden.

Während einerseits das Vorhandensein der vier Jupitersmonde geläugnet wurde, fanden sich andererseits Astronomen, welche dem großen florentiner Philosophen vorwarfen, nur einen Theil der Wirk-

*) Es hat mich gewundert, daß mein bester Freund A. v. Humboldt in seinem Kosmos ungeachtet der von ihm selbst bei so vielen Gelegenheiten offen anerkannten Principien die erste Entdeckung der Jupitersmonde dem Marius zuschreibt. Letzterer hat kein Recht in dieser Angelegenheit erwähnt zu werden, außer wegen der in vielen Beziehungen unglücklichen Idee, diesen Monden die Namen Jo, Europa, Calisto und Ganymedes zu geben[16]).

lichkeit bemerkt zu haben. Scheiner erklärte, daß es nicht vier, sondern fünf Monde gäbe; Rheita veranschlagte ihre Anzahl auf neun, und noch Andere zählten bis zwölf. Es ist aber jetzt ausgemacht, daß jene so freigebig den vier von Galilei entdeckten kleinen Himmelskörpern hinzugefügten Gestirne nur kleine Sterne gewesen sein können, in deren Nachbarschaft Jupiter durch seine eigene Bewegung gekommen war; denn die mit den stärksten Fernröhren der Neuzeit gemachten Beobachtungen haben niemals auch nur die geringste Spur der von Scheiner, Rheita u. A. angegebenen Monde gezeigt.

Ich schließe diesen historischen Abriß mit einem Factum, welches zeigt, wie schwach bisweilen die größten Geister sind. In einem aus Padua vom 16. Januar 1610 an Belisario Vinta, den Secretär des Großherzogs von Toscana, geschriebenen Briefe freut sich Galilei über den Nachweis, daß Mars und Saturn keine Satelliten hätten. Als Grund dafür gibt er an, weil er hoffen dürfte, Gott hätte ihm allein die ganz besondere Gnade neue Gestirne zu entdecken zu Theil werden lassen. (Venturi I, 156.)

Zehntes Kapitel.

Masse des Jupiter.

Die Masse des Jupiter ist $^1/_{1050}$, die der Sonne als Einheit genommen; sie übertrifft 338 Mal die der Erde.

Dieser bereits oben S. 29 angegebene Werth ist das Mittel aus den von Airy aus seinen Beobachtungen der Elongationen des vierten Jupitersmondes während der Jahre 1833, 1834 und 1835 gezogenen Resultaten[18]).

In dem obigen Kapitel, wo sich die Grundsätze dieser Berechnungsmethode angedeutet finden, habe ich auch Verfahren zur Erzielung einer ähnlichen Bestimmung angeführt, die von dem vorhergehenden ganz und gar verschieden, und auf die Größe der Störungen gegründet sind, welche die Planeten in ihrer Umlaufsbewegung um die Sonne durch die Einwirkung des Jupiter erleiden. Hier werde ich

mich darauf beschränken, die zu verschiedenen Zeiten nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe aufzuführen.

Laplace erhielt aus ältern von Pound gemachten Beobachtungen des vierten Jupitersmondes den Werth $^1/_{1067}$; Bouvard aus den Störungen des Saturn $^1/_{1074}$; Nicolai aus den Störungen der Juno $^1/_{1054}$; Encke aus den Störungen der Vesta $^1/_{1050}$ und aus den Beobachtungen des nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit $^1/_{1054}$.

So groß ist das Zutrauen, welches die Astronomen in ihre Rechnungen setzen, daß sie auf Grund der allerdings nur sehr geringen Differenzen zwischen den aus den Störungen der Bewegungen verschiedener Planeten durch den Jupiter hergeleiteten Resultaten auf einen Augenblick sich die Annahme erlaubten, daß die Newton'sche Anziehung nicht genau proportional den Massen erfolge, sondern wie die magnetischen und chemischen Anziehungen mit der Natur der Materien, auf welche sie ausgeübt werde, sich in ihrer Stärke ändere. Indeß wurden diese Ideen bald aufgegeben, als Bessel zeigte, daß sehr verschiedene Substanzen, wie Metalle, Steine und Elfenbein, in gleicher Länge als Pendel angewandt, ihre Schwingungen in genau derselben Zeit vollbringen.

Elftes Kapitel.

Größe der Jupitersmonde.

Die Durchmesser der Monde lassen sich ihrer Kleinheit wegen sehr schwer messen. Folgendes sind diejenigen Resultate, welche sehr competenten Beurtheilern das meiste Vertrauen zu verdienen scheinen. Die nachstehenden Zahlen beziehen sich auf die mittlere Entfernung des Jupiter von der Erde, die bekanntlich ungefähr fünf Mal so groß ist als der Halbmesser der Erdbahn [19]).

Erster Mond	1″02
Zweiter Mond . . .	0,91
Dritter Mond . . .	1,49
Vierter Mond . . .	1,27

Daraus ergibt sich durch eine kleine Rechnung, deren Ausführung im Einzelnen hier unnütz wäre, und wovon der Leser bereits

mehrere Beispiele gesehen hat (vergl. namentlich Bd. 13, S. 315), daß der erste Mond vom Jupiter aus gesehen im Mittel unter einem Winkel von 33′ erscheint, also fast unter demselben Winkel, wie unser Mond von der Erde aus. Für den zweiten und dritten Mond beträgt dieser Winkel gegen 18′, und für den vierten beinahe 9′.

Nehmen wir den Halbmesser der Erde als Einheit und vergleichen damit die Halbmesser der Jupitersmonde, so finden wir den Halbmesser des ersten 0,32; des zweiten 0,27; des dritten 0,47, und endlich des vierten 0,33. In Meilen ausgedrückt ist der Durchmesser des ersten 529, des zweiten 475, des dritten 776 und des vierten 664 Meilen.

Daraus folgt (vergl. Bd. 13, S. 316), daß der zweite Mond des Jupiter fast ein unserem Monde gleiches Volumen hat, daß aber die drei übrigen denselben merklich an Größe übertreffen.

Die Masse des Jupiter als Einheit genommen, werden die Massen der vier Jupitersmonde durch folgende Zahlen ausgedrückt[20]):

Erster Mond . .	0,000017
Zweiter Mond . .	0,000023
Dritter Mond . .	0,000088
Vierter Mond . .	0,000043

Der dritte Mond, welcher am größten ist und die größte Masse besitzt, hat dieselbe Dichtigkeit wie der Hauplanet; der zweite ist dichter.

Die zuvor angeführten Werthe über die wirklichen Dimensionen der Jupitersmonde sind aus zahlreichen Beobachtungen von Struve hergeleitet; sie weichen wenig von denjenigen ab, welche Schröter aus der Zeit berechnet hat, die der Durchmesser dieser Gestirne gebraucht, um sich hinter dem dunklen Körper des Planeten zu verbergen, oder was auf dasselbe hinausläuft, aus der Zeit, in welcher derselbe sich vor die Scheibe des Jupiter schiebt. Derartige Beobachtungen sind natürlich sehr schwierig, und die Dimensionen, welche daraus für die verschiedenen Monde sich ergeben, können mit merklichen Fehlern behaftet sein. Bereits im Jahre 1771 hatte Bailly zu derselben Bestimmung die Zeit benutzt, welche jeder Mond gebraucht, um in den Kernschatten einzutreten; diese Methode, gegen welche sich sehr begründete Bedenken erheben lassen, hatte ihn zu folgenden Werthen für die vom Jupiter aus gesehenen Durchmesser geführt:

Erster Mond . .	1°	0′	20″
Zweiter Mond . .	0	26	45
Dritter Mond . .	0	22	22

Ein genaueres Verfahren, um dieselbe Aufgabe zu lösen, gründet sich auf die Messung der Dimensionen des Schattens, den die Monde bei ihrer untern Conjunction auf den Planeten werfen. Mit den jetzt den Astronomen zu Gebote stehenden Instrumenten würden solche Messungen einer großen Genauigkeit fähig sein, sie verdienen daher alle Beachtung von Seiten der Astronomen; nur müßte man mit größter Sorgfalt den Einfluß untersuchen, welchen die Atmosphären, womit die Monde vielleicht umgeben sind, auf die Dimensionen des Schattens ausüben können.

Einstweilen mögen hier die von verschiedenen Astronomen früher erhaltenen Angaben über die Reihenfolge der Größen der Monde nach den Schatten folgen:

Cassini erhielt die Reihenfolge: der dritte, zweite, erste und vierte Mond.

Nach William Herschel ist dieselbe: der dritte, der bei weitem größte Mond; der vierte, der erste und der zweite.

Die Dauer des Eintritts des zweiten Mondes auf die Scheibe des Jupiter gab Herschel einen Werth von ungefähr 0″,9 für den Winkeldurchmesser dieses kleinen Gestirns. Im April 1780 erschien ihm der Schatten des dritten Satelliten auf dem Planeten bei der mikrometrischen Messung 1″,6 groß.

Um dem Vorwurfe zu entgehen, als ob ich der Bestimmung der wirklichen Dimensionen dieser Monde eine zu große Wichtigkeit beigelegt hätte, will ich einige Worte hinzufügen, um zu zeigen, daß diese Bestimmung mit der Lösung eines nicht unwichtigen kosmogonischen Problems eng verknüpft ist.

Die Kenntniß der Menge von Materie, welche jeder der Jupitersmonde enthält, ist mit großer Genauigkeit durch die Beobachtung der Störungen gefunden worden, welche dieselben wechselseitig in ihrem Laufe hervorbringen; dagegen kann die Frage nach der Dichtigkeit der Materie in jedem derselben nur dann beantwortet werden, wenn die

Dimensionen der vier Volumina, in welchen sie vertheilt ist, genau bestimmt sind.

Jeder erräth, welche Einwürfe sich aus diesen Dichtigkeiten, wenn dieselben eine gewisse Größe überschreiten, gegen die Annahme werden entlehnen lassen, daß jene Monde oder wenigstens einige unter ihnen, nicht immer zu dem Systeme des Jupiter gehört haben, sondern ursprünglich Kometen gewesen seien, welche dieser Planet durch seine starke Anziehungskraft aus ihren ursprünglichen Bahnen abgelenkt und um seinen Mittelpunkt zu kreisen gezwungen habe.

Zwölftes Kapitel.

Eigene Bewegungen der Jupitersmonde.

Aus einer sehr umständlichen Discussion der Beobachtungen von Verfinsterungen der Jupitersmonde hat sich ergeben, daß der erste und zweite Mond fast kreisförmige Bahnen besitzen; dasselbe Verfahren hat gezeigt, daß die Bahn des dritten merklich elliptisch ist, und daß die Excentricität derselben sich ändert. Die Ellipticität der Bahn des vierten ist beträchtlicher und daher sehr leicht nachzuweisen. Die dem Planeten am nächsten liegenden Enden der großen Axen dieser Ellipsen sind nicht immer nach denselben Sternen gerichtet; es besitzen diese Enden, die Perijovien genannt werden, eine directe oder von West nach Ost gerichtete Bewegung.

Die Bahnebene des ersten Mondes scheint mit der des Jupiter zusammenzufallen; dies gilt nicht mehr von den Bahnen der drei übrigen, deren Ebenen mit der Bahnebene des Jupiter merkliche Winkel bilden.

Die Neigungen der Bahnen, in welchen sich diese Monde bewegen, geben für gewisse Erscheinungen, die sonst unbegreiflich sein würden, den Grund an, z. B. für das Nichtverschwinden des vierten Mondes in sehr vielen seiner Oppositionen mit der Sonne.

Die Durchschnitte der Bahnebenen der Monde mit der Bahnebene des Jupiter oder die sogenannten Knotenlinien sind nicht immer nach denselben Sternen gerichtet.

Nimmt man als Einheit den Aequatorealhalbmesser des Jupiter, so sind die mittleren Abstände der Monde vom Mittelpunkte des Planeten und ihre siderischen Umlaufszeiten:

	Abstand vom Mittelpunkte des Jupiter.	Dauer des siderischen Umlaufs.				
Erster Mond	6,05	1,77 Tag	oder	1 Tag	18 St.	28 Min.
Zweiter Mond	9,62	3,55		3	13	14
Dritter Mond	15,35	7,15		7	3	43
Vierter Mond	26,00	16,69		16	16	32

Hieraus ergibt sich, daß die Bewohner des Jupiter in einem Abstande von 58000 Meilen einen Mond um den Mittelpunkt ihres Planeten kreisen sehen, der einen größern scheinbaren Durchmesser als der Mond unserer Erde besitzt, und regelmäßig nach Zeiträumen von ungefähr $1^3/_4$ Tagen verfinstert wird. Diese schnelle Bewegung liefert, beiläufig gesagt, auf dem Jupiter ein sehr genaues Mittel zur Längenbestimmung.

Vergleicht man die obigen Zahlen untereinander, so findet man, daß die Quadrate der Umlaufszeiten je zweier dieser Satelliten sich wie die Cuben ihrer mittleren Abstände vom Jupiter verhalten, oder anders ausgedrückt, daß ihre Umlaufszeiten sich zu einander verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den dritten Potenzen ihrer Abstände vom Mittelpunkte des Planeten.

Diese merkwürdige Beziehung haben wir bereits als drittes Keppler'sches Gesetz angetroffen, als wir die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne mit den Cuben der großen Axen ihrer Bahnen (Bd. 12, S. 202) verglichen.

Sehr feine Beobachtungen haben zu der Annahme geführt, daß jeder Mond sich in derselben Zeit um sich selbst dreht, die er zur Vollendung seines Umlaufs um den Planeten gebraucht. Diese vier Monde zeigen also eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie bei dem Monde unserer Erde finden, nämlich dem Jupiter stets dieselbe Seite zuzukehren. Es scheint dies, wie wir später beim Saturn sehen werden, ein allgemeines Gesetz zu sein, das in den Bewegungen aller Monde hervortritt.

Eine tiefer gehende Discussion der Umlaufszeiten der Jupitersmonde und ihrer relativen Orte in Länge hat sehr einfache Verhältnisse

ergeben, die ich ihres Interesses wegen hier nicht übergehen zu dürfen glaube.

Erstes Gesetz. — Die mittlere Bewegung des ersten Mondes vermehrt um die doppelte mittlere Bewegung des dritten ist gleich der dreifachen mittleren Bewegung des zweiten.

Zweites Gesetz. — Die mittlere Länge des ersten Mondes vermindert um die dreifache mittlere Länge des zweiten und vermehrt um die doppelte mittlere Länge des dritten ist sehr nahe gleich 180°.

Aus diesem letztern Gesetze ergibt sich die Folgerung, daß die drei ersten Satelliten des Jupiters niemals gleichzeitig verfinstert werden können; denn im Fall einer solchen Verfinsterung würden die Längen aller drei Monde fast dieselben sein: die Länge des ersten, vermehrt um die doppelte des dritten, und vermindert um die dreifache des zweiten würde also 0° und nicht 180° geben.

Die von Galilei angenommenen Werthe für die Umlaufszeiten und die scheinbaren Dimensionen der Bahnen der Jupitersmonde waren noch sehr fehlerhaft; die ersten etwas genauern Bestimmungen dieser Elemente verdankt man Peyresc und seinen Mitarbeitern Gassendi und Gautier. Gestützt auf die von den genannten Astronomen in Aix erhaltenen Zahlenwerthe zeigte der holländische Astronom Vendelinus, daß das dritte Keppler'sche Gesetz auch in dem kleinen Systeme Geltung hat, dessen Mittelpunkt Jupiter bildet. J. D. Cassini hat das Verdienst mit viel größerer Genauigkeit als seine Vorgänger die Umlaufszeiten dieser kleinen Gestirne und die relativen Größen der von ihnen durchlaufenen krummen Bahnen bestimmt zu haben; diese Resultate wurden später von Wargentin [21]) vervollkommnet, und besonders von Delambre [22]) infolge der Discussion sehr zahlreicher Beobachtungen, die als Grundlage zur Construction von Tafeln gedient haben, für welche die Astronomen ihm verpflichtet sind. Der großartigen Arbeit von Laplace endlich verdankt die neuere Astronomie die Kenntniß der so einfachen Gesetze, welche die Bewegungen und relativen Orte der kleinen um den Jupiter kreisenden Gestirne regeln.

Dreizehntes Kapitel.

Bestimmung der Längen auf der Erde durch Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitersmonde.

Der Augenblick des völligen Eintritts eines Jupitersmondes in den Kernschatten dieses Planeten, und ebenso der Augenblick des Beginns seines Austritts sind als augenblickliche und in gleichem Zeitmomente an allen Orten, über deren Horizonte sich Jupiter gerade befindet, sichtbare Erscheinungen betrachtet worden; aus der Vergleichung der Ortszeiten der Beobachtungen eines dieser Vorgänge wird sich daher der Längenunterschied zweier Orte herleiten lassen.

Von diesem Gesichtspunkte aus können die Verfinsterungen der Jupitersmonde als ein zur Bereicherung unserer geographischen Kenntnisse sehr dienliches Mittel betrachtet werden.

Wenn es also gelungen ist, die Ein- und Austritte der Monde mit einer Genauigkeit, wie sie die Beobachtungen selbst zulassen, vorher zu berechnen, so bedarf es zur Bestimmung der Länge eines Ortes nicht mehr correspondirender Beobachtungen; die Verfinsterungen können dann dienen, um dem Reisenden die Richtung seines Weges anzugeben, weil derselbe die Zeiten der selbstgemachten Beobachtungen mit den für einen bekannten Meridian zuvor berechneten zu vergleichen vermag.

Die Ein- und Austritte der Jupitersmonde scheinen also zu einer directen und einfachen Lösung des Problems der Längenbestimmung zu führen; aber wie man sieht, ist Bedingung, daß der Reisende im Voraus in Besitz eines Verzeichnisses der Zeitmomente ist, wo jene Vorgänge unter dem ersten Meridian, z. B. unter dem von Paris, eintreten werden; eine Bedingung, die nicht so leicht zu erfüllen ist, als die Erfinder dieser Methode glaubten.

Die Monde bewegen sich nicht gleichförmig um den Jupiter, sondern sind Störungen unterworfen, die von ihrer gegenseitigen Stellung abhängen, und die durchaus in Rechnung gezogen werden müssen, wenn man irgend Genauigkeit beabsichtigt. Diese Störungen waren zum größten Theil bereits durch Beobachtungen bekannt, bevor die Theorie sie aus den Gesetzen der allgemeinen Attraction herleitete.

Durch die Ausbildung dieser Theorie ist es aber jetzt gelungen Tafeln zu entwerfen, welche die Ein- und Austritte der Monde mit großer Genauigkeit angeben. Um den Seefahrern die Mittel zu verschaffen, in den weiten Räumen des Meeres mittelst dieser kleinen Sterne den Lauf ihres Schiffes zu richten, fehlt nur noch ein Verfahren, um dieselben mit Fernröhren von hinreichender Vergrößerung beobachten zu können; eine Aufgabe, welche, durch die Schwankungen des Schiffes sehr schwierig gemacht, bis jetzt nicht auf genügende Weise gelöst ist.

Ich bemerke übrigens auch in Betreff der auf dem Lande gemachten Bestimmungen, daß wir schon einen Eintritt des Mondes in den Schatten beobachten, wenn sich noch ein kleiner Theil seiner Scheibe außerhalb desselben befindet, und daß dieser Zeitpunkt für zwei Beobachter nur dann genau derselbe sein wird, wenn ihr Gesicht denselben Grad von Schärfe besitzt. Der wirkliche Eintritt der Verfinsterung wird daher um so viel mehr von dem scheinbaren abweichen, je lichtstärker das zur Beobachtung verwendete Fernrohr ist. Beide genannten Ursachen müssen beim Austritte grade in umgekehrter Weise wirken. Die Resultate werden hiervon nur unabhängig, wenn man für die beiden Orte, deren Längenunterschied bestimmt werden soll, eine genau gleiche Zahl von Ein- und Austritten derselben Monde vergleicht.

Auf die Idee, die Stellungen und besonders die Verfinsterungen der Jupitersmonde zur Längenbestimmung zu benutzen, scheint Galilei sehr früh gekommen zu sein; sie war auch der Gegenstand von ohne Resultat gebliebenen Verhandlungen Galilei's mit den Generalstaaten Hollands und später mit dem spanischen Hofe. Um seiner Methode die Genauigkeit zu geben, welche er wünschte, stellte Galilei sowohl selbst als auch durch seine Schüler eine außerordentlich große Zahl von Beobachtungen an. Der Olivetaner Renieri war im Besitze derselben. Man hat behauptet, daß bei seinem Tode Beamte der Inquisition diese Beobachtungen in Beschlag nahmen; indeß muß man Niemand verleumden, selbst nicht die Beamten der Inquisition. Aus einer Erzählung Nelli's in dem *Leben des Galilei*, die sich auf eine Angabe der Eltern des italienischen Astronomen stützt, geht hervor, daß die

Beraubung von Renieri's Zimmer einem gewissen Ritter Joseph Augustin aus Pisa zugeschrieben werden muß; der bei Renieri's Tode gegenwärtig war und in dessen Besitze sich die Uhr und das Fernrohr des Olivetaners befanden. Wie es sich mit dieser Anklage auch verhalten möge, die Manuscripte Renieri's gelangten, man weiß nicht recht zu welcher Zeit und auf welche Weise, in die sogenannte palatinische Bibliothek in Florenz, von wo aus sie ihrem wesentlichen Inhalte nach von Albieri ausgezogen und veröffentlicht wurden, nachdem sie in Italien zu einem sehr heftigen und nichts weniger als höflichem Streite Veranlassung gegeben hatten.

Durch die von Laplace ausgeführten großen Vervollkommnungen in der Theorie der Bewegungen der Jupitersmonde sind wir jetzt in den Stand gesetzt, mehrere Jahre zuvor die Zeitpunkte zu berechnen und in den nautischen Jahrbüchern bekannt zu machen, wo jene Monde verdunkelt werden und wieder erscheinen.

Die oben S. 294 zwischen den mittleren Bewegungen und den mittleren Längen der drei ersten Jupitersmonde angegebenen Beziehungen sind eine Entdeckung des Verfassers der Mécanique céleste und heißen mit Recht die Laplace'schen Gesetze. Um das Auffallende was man in diesen Gesetzen finden könnte, zu beseitigen, hat Laplace gezeigt, daß die Bewegungen und Stellungen der genannten Monde anfänglich nur angenähert jenen Beziehungen zu genügen brauchten, um dieselben für die Folge völlig genau zu erfüllen.

Aus dem zweiten Laplace'schen Gesetze folgt, wie wir schon oben S. 294 gesehen haben, daß die drei ersten Monde des Jupiters nicht gleichzeitig verfinstert werden können. Indeß sah Molyneur am 2. November 1681 (alten Styls) den Jupiter ohne Trabanten. Am 23. Mai 1802 beobachtete William Herschel Aehnliches[23]); und dasselbe wurde am 15. April 1826 von Wallis, und am 27. September 1843 von Griesbach wahrgenommen. Es würde aber Unrecht sein, aus diesen Thatsachen schließen zu wollen, daß das Laplace'sche Gesetz zu diesen vier Zeiten ungültig gewesen sei; man braucht nur zu beachten, daß in den angegebenen Zeiten Monde auf die Scheibe des Planeten projicirt oder hinter seinem dunklen Körper verborgen sein konnten,

während das Gesetz sich nur auf die eigentlichen Verfinsterungen oder auf das gleichzeitige Verweilen der Monde in dem Kernschatten des Planeten bezieht.

Vierzehntes Kapitel.

Können die Jupitersmonde mit bloßen Augen gesehen werden?

Ueber die Frage, ob unter den günstigsten Umständen die Jupitersmonde mit bloßen Augen gesehen werden können, ist viel verhandelt worden. Man begreift, daß im Fall einer bejahenden Antwort die Behauptung möglich wäre, daß das Alterthum sie gekannt habe.

In den Figuren einer japanischen Encyclopädie, deren erste Ausgabe weit älter ist als die Erfindung der Fernröhre, findet sich Jupiter mit zwei kleinen Sternen zu beiden Seiten abgebildet; indeß beweist diese Zeichnung nicht viel, und es ist bekannt, daß die Japanesen den Texten ihrer ältesten Werke, wenn sie dieselben wieder drucken, die Documente beifügen, welche sie durch ihre Verbindungen mit den Holländern erhalten haben. Der Umstand, daß Jupiter nur mit zwei und nicht mit vier Monden abgebildet ist, scheint allerdings schwierig zu erklären, kann aber auf die Entscheidung der Frage nach der Sichtbarkeit dieser kleinen Gestirne ohne Hülfe der Fernröhre durchaus keinen Einfluß haben.

Ich habe erzählen hören, zu Anfang dieses Jahrhunderts seien in Hamburg zwei Schwestern gewesen, welche angeblich deutlich und ohne Schwierigkeit die beiden von den vier Monden, welche von dem Planeten am weitesten abstehen, hätten sehen können. Eine nähere Prüfung ergab aber, daß hier nur ein Betrug vorlag; denn als ein berühmter Astronom die beiden Beobachterinnen auf die Probe stellte, fand sich, daß sie rechts vom Jupiter sahen, was links stand, und umgekehrt; es war also erwiesen, daß dieselben sich an jedem Tage des Jahres nach den Zeichnungen in dem berliner Jahrbuche richteten, in welchem zur Bequemlichkeit der Astronomen, die im Allgemeinen Fernröhre mit zwei converen Gläsern oder mit umgekehrten Bildern anwenden, die Stellungen der Monde und des Planeten abgebildet sind

nicht wie sie wirklich sind, sondern wie sie in solchen Instrumenten erscheinen.

Welchen Einfluß auf die Sichtbarkeit hat man der Ausdehnung der atmosphärischen Schichten zuzuschreiben, welche die vom Jupiter und seinen Monden ausgegangenen Lichtstrahlen durchdringen?

Mein Freund Boussingault erwähnt in einem Briefe vom Jahre 1835, daß während seines Aufenthaltes zu Bogota es weder ihm, noch seinem Begleiter Rivero gelang die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen zu sehen, obwohl sie sich in einer Höhe von 2640 Meter (ungefähr 8400 Fuß) über dem Meeresspiegel befanden.

Wrangel erzählt, daß er in Sibirien einen eingebornen Jäger angetroffen habe, der zu ihm auf den Jupiter zeigend sagte: „Ich habe eben diesen großen Stern einen kleinen verschlingen und bald darauf wieder ausspeien sehen." Diese Anspielung bezog sich dem berühmten russischen Reisenden zufolge auf den Eintritt der Verfinsterung des dritten Jupitersmondes und den darauf folgenden Austritt. Bekanntlich ist die Schärfe des Gesichts der Eingebornen jener Länder und der Tartaren sprüchwörtlich geworden.

Mein Freund Humboldt hat vor Kurzem in seinem Kosmos eine Notiz des ehemaligen Directors der Sternwarte zu Breslau Boguslawski über einen in dieser Stadt wohnenden Schneidermeister aufgenommen, der mit bloßen Augen zwei Jupitersmonde, den dritten und ersten sah; leider sagt Boguslawski gar Nichts von den Vorsichtsmaßregeln, die er angewandt, um sich zu versichern, daß der Schneider Schön ihn nicht täuschte[24]).

Uebrigens ist die Sichtbarkeit der Jupitersmonde für manche Personen, und die Nichtsichtbarkeit derselben für die bei weitem größte Zahl der Menschen ein Factum, für das man eine Erklärung suchen muß, wofern es richtig ist, daß zwei dieser Monde, der dritte und erste, besonders aber der dritte, den Sternen sechster Größe gleichen, d. h. der Klasse von Sternen, welche stets mit bloßen Augen gesehen werden können. In einer Sitzung der pariser Akademie der Wissenschaften im Jahre 1843 suchte ich dieses Phänomen in folgender Weise mit der Form, in welcher stark leuchtende Objecte bei Beobachtungen ohne irgend ein optisches Instrument erscheinen, in Beziehung zu setzen:

„Betrachtet man den Jupiter mit bloßen Augen, so erscheint dieser Planet aus einem centralen stark leuchtenden Punkte gebildet, von welchem nach allen Seiten hin divergirende Strahlen ausgehen. In dieser Beziehung existiren aber sehr bedeutende Unterschiede zwischen den verschiedenen Beobachtern; bei dem einen überschreiten die Strahlen nicht drei, vier oder fünf Bogenminuten; bei andern erreichen sie zwölf bis funfzehn Minuten. Für den gewöhnlichen Beobachter verschwimmen also die Monde in einem falschen Lichte.

„Wenn wir jetzt die Annahme machen, daß das Bild des Jupiter sich in gewissen ausnahmsweise scharfen Augen nur mit Strahlen von einer oder zwei Minuten Länge ausbreite, so wird es nicht mehr unmöglich erscheinen, daß die Monde von Zeit zu Zeit ohne Zuziehung einer künstlichen Vergrößerung gesehen werden. Um diese Vermuthung zu prüfen, habe ich ein kleines Fernrohr anfertigen lassen, in welchem Objectiv und Ocular fast dieselbe Brennweite haben, das also nicht vergrößert. Dies Fernrohr zerstört nicht vollständig die divergirenden Strahlen, vermindert aber ihre Ausdehnung beträchtlich. In der That reichte dies hin, um beim ersten Versuch einen in passender Entfernung vom Planeten stehenden Mond (den dritten) sichtbar zu machen. Die Thatsache ist durch sämmtliche junge Astronomen der pariser Sternwarte, E. Bouvard, Laugier, Mauvais, Goujon, Faye constatirt worden.

„Sobald festgestellt ist, daß die Jupitersmonde ohne irgend welche Vergrößerung wahrgenommen werden können, so ist klar, daß ein Auge, welches die divergirend von dem Bilde des Planeten ausgehenden Lichtstrahlen auf eine Länge reducirt, wie sie dieselben in dem kleinen nicht vergrößernden Fernrohr besitzen, diese kleinen Gestirne grade eben so gut wahrnehmen wird, als die gewöhnlichen Augen mittelst des kleinen Fernrohrs vermögen. Alles läßt glauben, daß von Natur mit einer solchen Vollkommenheit begabte Augen existiren; Augen, welche die Bilder der entfernten aufs stärkste glänzenden Gegenstände fast ohne alles falsche Licht sehen.“

Funfzehntes Kapitel.

Vorübergang der Schatten über die Scheibe des Planeten. — Flecken der Monde. — Rotation dieser Gestirne.

Die erste Beobachtung eines Vorüberganges des Schattens eines Mondes über die Scheibe des Jupiter rührt von Dom. Cassini her, und geht bis zum Jahre 1664 zurück.

Die Beobachtung der beständig oder nur momentan auf der Oberfläche der Monde vorhandenen Flecken, die nur zu der Zeit möglich ist, wo diese kleinen Gestirne sich auf die Scheibe des Planeten projiciren, scheint für den vierten Mond seit dem Jahre 1665 von Dom. Cassini in Italien gemacht worden zu sein (Mémoires de l'Académie des sciences 1714). Auf authentische Weise indeß läßt sie sich nur bis zum Jahre 1677 zurückführen, und muß Cassini und Römer zugeschrieben werden. Seitdem wurde diese Beobachtung öfter wiederholt, namentlich von Maraldi, der 1707 Flecken auf dem vierten und dritten Monde beobachtete. Es finden sich ferner Beobachtungen der Flecken derselben beiden Monde in einer 1768 in den Philosophical Transactions und später 1804 in der Connaissance des temps veröffentlichten Abhandlung Messier's. Schröter's Beiträge enthalten ähnliche Beobachtungen. Diese Beobachtungen weisen auf eine Uebereinstimmung in der physischen Zusammensetzung der Monde und des von ihnen umkreisten Planeten hin.

Herschel legte 1797 der londoner königlichen Gesellschaft die Resultate zahlreicher Beobachtungen über die relativen Lichtintensitäten und Größen der Jupitersmonde vor; es folgte aus ihnen, daß beide, die Lichtintensitäten sowohl als auch die scheinbaren Größen dieser Monde sehr veränderlich sind.

Die eben genannten Aenderungen beweisen augenscheinlich, daß die Monde mit mehr oder weniger das Licht reflectirenden Flecken bedeckt sind und sich um sich selbst drehen.

Als Herschel mittelst eines graphischen Verfahrens in den vier Bahnen die Stellen bezeichnete, wo während einer längern Periode jeder Mond sich auf dem Maximum und dem Minimum der Größe gezeigt hatte, erkannte er, daß diese Phänomene stets in denselben

Gegenden stattfinden. Wie unser Mond, drehen also auch die Monde des Jupiter sich in derselben Zeit, in welcher sie einen Umlauf um den Planeten vollbringen, ein Mal um sich selbst.

Warum Sir John Herschel bei Gelegenheit der auf diesen Monden während ihres Durchgangs vor der Scheibe des Jupiter wahrgenommenen Flecken nur Schröter und Harding erwähnt, weiß ich nicht zu erklären: derartige Beobachtungen waren, wie wir oben gesehen haben, viel früher angestellt [25]).

Die Flecken der Monde sind niemals bemerkt worden, wenn diese kleinen Himmelskörper außerhalb des Planeten stehen, wie stark und vollkommen auch das zur Beobachtung benutzte Fernrohr gewesen sein mochte; sie sind dagegen und sogar sehr leicht wahrnehmbar, wenn die Monde bei ihrem Umlaufe vor die Scheibe des Jupiter treten. Diese Erscheinung ist sehr beachtungswerth; schon Bailly sagt: „Die Flecken sind die Details einer Oberfläche; nun ist es ziemlich seltsam, die Details in Dingen zu unterscheiden, deren Ganzes durch seine Kleinheit sich der Wahrnehmung entzieht.“ Leider verliert sich nach dieser sehr richtigen Bemerkung der berühmte Verfasser der Histoire de l'Astronomie behufs einer Erklärung des beobachteten Factums in völlig unverständliche Betrachtungen. Sehen wir, ob dasselbe mit bereits untersuchten Ursachen in Beziehung zu setzen ist und sich irgend etwas Brauchbares daraus herleiten läßt.

Wir wissen, daß ein sehr kleiner leuchtender Gegenstand niemals scharf begrenzt erscheint, sondern sich fast wie ein formloses Licht darstellt, von welchem nach allen Richtungen mehr oder weniger lange Strahlen divergiren. Aus Ursachen, welche von der Bildung unserer Augen abhängen und noch nicht vollständig erörtert sind, verschwinden diese Strahlen in einem Fernrohre, wenn das leuchtende Object eine merkliche Winkelbreite erhält; deshalb erscheint, um ein Beispiel von dem glänzendsten Planeten zu entlehnen, der Rand der Venus scharf begrenzt und ohne irgend eine Spur divergirender Strahlen, die auftreten würden, sobald man jeden Punkt dieses Randes für sich sähe. Versuchen wir nun von diesen erwiesenen Thatsachen eine Anwendung auf den Fall zu machen, wo ein Jupitersmond beobachtet wird.

Wenn der Mond außerhalb des Planeten erscheint, wird sein Bild verwaschen und von divergirenden Strahlen umgeben sein, die sich auf die Flecken, falls es deren gibt, projiciren und dieselben unsichtbar machen. Wenn dagegen der Mond vor dem Planeten steht, so wird seine Scheibe, wie klein sie auch sein möge, sich scharf auf der Scheibe des Planeten abbilden; die divergirenden Strahlen verschwinden und es hindert dann Nichts mehr die schwarzen Flecken zu sehen, die durch den Contrast zwischen ihrem geringern und dem stärkern Lichte der Umgebungen sichtbar werden.

Ist diese Art das Phänomen zu erklären richtig, so können wir daraus ein experimentelles Verfahren herleiten, um das Vorhandensein der Flecken durch directe Beobachtung auch in solchen Stellungen zu beweisen, wo man bis jetzt dasselbe nur auf dem Wege der Induction zu erschließen vermochte.

Ein solches Verfahren läßt sich auf die Anwendung eines mit doppeltbrechendem Prisma versehenen Fernrohres gründen. Wir wollen annehmen, der dritte Mond stehe östlich von der Scheibe des Jupiter; das genannte Fernrohr erzeugt zwei Bilder sowohl vom Planeten als auch von seinem Monde, deren eines in seiner natürlichen Lage, das zweite durch die ungewöhnlich gebrochenen Strahlen gebildete dagegen seitwärts, z. B. westlich vom ersten erscheint. Nichts ist leichter, als das zweite Bild des dritten Mondes auf das erste Bild der leuchtenden Planetenscheibe zu projiciren. Die Ursachen, welche das Bild dieses Mondes verwaschen machen, werden sofort verschwinden; nur muß der Lichtcontrast, infolge dessen der Flecken bei der gewöhnlichen Beobachtung sichtbar ist, weniger merklich hervortreten; denn in dem einem Flecken entsprechenden Theile wird das Bild des Mondes durch ein Licht erhellt werden, welches dem ersten Bilde des Jupiter an Stärke gleich kommt.

In den Gegenden, welche einen Flecken umgeben, besteht das Bild des Mondes aus seinem eigenen Lichte hinzugefügt zu dem Lichte der Planetenscheibe. Gesetzt nun, die Materie, aus welcher der Mond gebildet ist, besitze eine gleich stark reflectirende Kraft wie die des Jupiter, und der Flecken selbst sende gar kein Licht aus: so wird das Verhältniß zwischen den Lichtstärken, welche uns die verschiedenen Theile

der Mondscheibe erkennen lassen, wie 1 zu 2 sein, was mehr als hinreicht, um die verschiedenen jetzt gut begrenzten Regionen dieses Mondes zu unterscheiden.

Es wäre von Interesse, zu untersuchen, ob die Monde, wenn sie auf unser atmosphärisches Licht, das wir als eine leuchtende Planetenscheibe von unendlicher Ausdehnung betrachten können, projicirt werden, von den falschen Strahlen befreit sind, die sie umgeben, wenn sie auf dunklem Grunde erscheinen, und ob dann die Flecken sichtbar werden? In der Nacht könnte man auch das Feld des Fernrohrs durch künstliches Licht, dessen Intensität beliebig zu verändern wäre, erleuchten und dieselben Beobachtungen wiederholen.

Ich darf hier zwei Beobachtungsresultate nicht mit Stillschweigen übergehen, die, ihre Richtigkeit vorausgesetzt, sich nicht leicht mit der zuvor gegebenen Erklärung in Einklang bringen lassen; sie stammen aus einer Arbeit Messier's. „Je mehr, sagt dieser Astronom, ein Flecken auf dem dritten Monde sich dem Rande des Planeten näherte, um so mehr nahm er an Größe ab, und ich hörte auf ihn zu sehen, bevor er noch den Rand des Jupiter erreicht hatte." (Beobachtung vom 6. September 1760.)

„Am 14. Juli 1771, sagt Messier, hörte ein Flecken auf dem dritten Monde in der Nähe des Randes auf sichtbar zu sein." (Connaissance des temps für 1804, S. 415 u. 420.)

Die Flecken der Monde, deren Vorhandensein durch die Vorübergänge dieser kleinen Gestirne vor der Scheibe des Jupiter bewiesen worden ist, dienen zur Erklärung der Aenderungen in den Lichtintensitäten, welche sie zeigen; man braucht nur anzunehmen, die Materie der Monde oder die ihrer Atmosphären sei nicht auf allen Punkten gleich gut zur Zurückwerfung des Sonnenlichtes geeignet, und dieselben drehen sich um sich selbst, so daß sie der Erde nach einander alle Theile ihrer Oberfläche zuwenden.

Sechszehntes Kapitel.

Veränderlichkeit der scheinbaren Größen der Monde und Folgerungen daraus.

Die Reihenfolge der Monde nach ihren relativen Lichtstärken ist fortwährend veränderlich. Für gewöhnlich ist der dritte der hellste; der vierte wird oft so schwach, daß er fast ganz verschwindet, wie dies aus einer der pariser Akademie der Wissenschaften mitgetheilten und von Maraldi in seiner Abhandlung von 1714 citirten Beobachtung Bianchini's hervorgeht.

Nach neuern von Galle ausgeführten und von A. v. Humboldt berichteten Vergleichungen ist der dritte Jupitersmond in seinem stärksten Glanze einem Sterne fünfter bis sechster Größe zu vergleichen; die übrigen, deren Licht veränderlich ist, schwanken zwischen sechster und siebenter Helligkeitsgröße[26]).

Nach William Herschel zeigt der erste Mond diese Schwankungen im stärksten Grade.

Schon Cassini hatte bemerkt, daß diese Aenderungen in den scheinbaren Größen sich nahe in denselben Stellungen der Monde in Bezug auf den Jupiter und die Sonne wiederholen. (Mém. de l'Acad. des Sc. I. S. 266.)

Diese Bemerkung führte, wie wir in dem vorhergehenden Kapitel gesehen haben, zu der Folgerung, daß die Zeiten der Umdrehung der Monde um sich selbst gleich seien ihren Umlaufszeiten um den Jupiter; eine Folgerung, die anfangs aus analogen Beobachtungen bezüglich des von Huygens entdeckten Saturnmondes hergeleitet, später ohne hinreichend triftige Gründe aufgegeben wurde.

Diese Untersuchungen wurden am Ende des vorigen Jahrhunderts von Herschel und Schröter wieder aufgenommen. Beide Astronomen ermittelten durch Vergleichung der relativen Größen der Monde die Punkte in ihren Bahnen, wo jeder von ihnen seine größte Helligkeit erreicht. Aus ihrer Arbeit, die nur erst, wenn die Photometrie neue Fortschritte gemacht hat, mit Vortheil wieder aufgenommen werden kann, hat sich ergeben, daß diese Maxima für jedes dieser kleinen Gestirne an denselben Punkten seiner Bahn eintreten, und daß somit

die Rotationszeiten der Monde ihren Umlaufszeiten um den Hauptplaneten gleich sind. Einige Beobachtungen, welche mit diesem Gesetze nicht im Einklange stehn, vermögen dasselbe nicht zu entkräften; solche Anomalien hängen sicherlich von augenblicklichen physischen Veränderungen ab, welche auf der Oberfläche oder in der Atmosphäre der Monde eintreten.

Nach Herschel befindet sich der erste Mond in der Mitte seines größten Glanzes, wenn er denjenigen Punkt seiner Bahn erreicht, der ungefähr die Mitte zwischen seiner größten östlichen Digression und der Conjunction bildet; die glänzendste Seite des zweiten Mondes ist ebenfalls der Erde zugewandt, wenn derselbe sich zwischen seiner größten östlichen Elongation und der Conjunction befindet; für den dritten Mond existiren zwei Maxima der Helligkeit, und werden in den beiden Elongationen beobachtet; der vierte glänzt nur kurz vor und kurz nach seiner Opposition mit lebhaftem Lichte.

Analoge in Berlin von Beer und Mädler vom December 1835 bis zum April 1836 angestellte Beobachtungen haben, soweit überhaupt die Unvollkommenheit der Methode urtheilen läßt, das von Herschel und Schröter für den ersten, zweiten und vierten Mond, die alle drei starken Lichtänderungen unterworfen sind, erhaltene Resultat bestätigt. In Betreff des dritten, der stets der hellste ist, haben sie sich nicht definitiv aussprechen zu können geglaubt.

Ich will die Bemerkung beifügen, daß Maraldi schon 1707 an dem dritten Monde solche Aenderungen in seiner Helligkeit wahrnahm, daß derselbe bisweilen den übrigen gleich und selbst schwächer als diese erschien. (Mém. de l'Acad. des Sc. 1707, S. 295.)

Wenn es gestattet wäre negativen Thatsachen eine volle Beweiskraft beizulegen, so würde eine Bemerkung von Dom. Cassini noch besser als die Helligkeitsänderungen der Monde das Vorhandensein von stark brechenden Atmosphären bei mehreren dieser kleinen Gestirne beweisen; dieser berühmte Astronom äußerte nämlich im Jahre 1678 (Mém. de l'Acad. des Sc. I. S. 266), daß er bisweilen den Schatten des ersten Mondes nicht habe bemerken können, obwohl er seine Flecken und folglich den Satelliten selbst vollkommen unterschied. Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung angenommen, daß das von der Atmo-

sphäre des letztern gebrochene Sonnenlicht in den Schattenkegel eindringt; wäre aber diese Erklärung richtig, warum würde der Schatten nur bisweilen verwischt? Allerdings ändern sich bei den totalen Verfinsterungen unseres Mondes die wenigen Sonnenstrahlen, welche die Scheibe desselben noch erleuchten, je nach der Beschaffenheit der Erdatmosphäre sehr beträchtlich. Sollten dieselben Ursachen ähnliche Wirkungen in Betreff der Atmosphäre des ersten Jupitermondes erzeugen? Genaue Messungen der Durchmesser des Schattens, den er wirft, würden diese Frage aufzuhellen im Stande sein. Man sieht, daß diese entlegenen Welten unsern Nachfolgern noch viele zu lösende Probleme darbieten.

Siebenzehntes Kapitel.

Farben der Monde.

Obgleich die Monde nicht mit eigenem Lichte leuchten, sondern ihren Glanz der Sonne entlehnen, erscheinen sie doch nicht in derselben Farbennuance, entweder infolge besonderer Eigenthümlichkeiten der festen Massen, woraus sie bestehen, oder durch eine Wirkung ihrer Atmosphären. Nach William Herschel ist die Farbe des ersten Mondes ein mehr oder weniger lebhaftes Weiß; die des zweiten geht aus dem Graulichweißen ins Bläulichweiße; der dritte ist stets weiß; und der vierte endlich erscheint bisweilen orange, bisweilen röthlich.

Mädler und Beer haben in allen ihren Beobachtungen beim vierten Monde eine bestimmte bläuliche Färbung wahrgenommen; der dritte zeigte eine gelbliche Nuance. Das Licht des ersten und zweiten zog ins Blau, besonders wenn diese beiden Monde in der Nähe des dritten standen.

Man sieht, wie sehr diese letztern Resultate von den durch Herschel gefundenen abweichen; die Färbung des Lichtes der Jupitersmonde verdient also von Neuem untersucht zu werden, wobei aber die Beobachter sich mit größter Sorgfalt gegen sogenannte Contrastwirkungen schützen müssen.

Achtzehntes Kapitel.

Vorübergänge der Monde vor der Scheibe des Jupiter.

Die Beobachtung der leuchtenden Monde auf der Scheibe des Jupiter selbst wurde zum ersten Male von Dom. Cassini*), später von Maraldi ausgeführt. Letzterer machte in den Memoiren der pariser Akademie der Wissenschaften für 1707 die Bemerkung, daß der nahe am östlichen und westlichen Rande wie ein heller Flecken leicht sichtbare Mond gegen den Mittelpunkt hin verschwand, indem sein Licht sich dann mit dem des Planeten vermischte. Diese Beobachtung ist, obgleich Maraldi es nicht hervorhebt, eine wirkliche photometrische Messung. Der Mond ist in der Nähe des Randes vom Jupiter sichtbar, weil dort das Licht des letztern schwach ist und sein Glanz den des Planeten übertrifft. Im Mittelpunkte aber verschwindet er, weil seine Färbung und sein Glanz dann dieselben sind, wie sie die von ihm bedeckten und die zunächst liegenden Theile der Jupitersscheibe zeigen.

Pound beobachtete Aehnliches im Jahre 1719, wie aus den Philosophical Transactions erhellt, wo er sagt: „Ich habe mehrere Male den ersten und zweiten Jupitersmond nicht wie dunkle Flecken, sondern wie leuchtende Punkte, wenn auch nur wenig heller als Jupiter, kurz nach ihrem Eintritte auf die Scheibe des Planeten erscheinen sehen; sie verschwanden aber beim Annähern an die Mitte."

Eine Abhandlung Messier's, die zuerst in den Philosophical Transactions von 1767, dann in der Connaissance des temps des Jahres XV erschien, enthält folgende zwei Beobachtungen:

Am 19. August 1760 war der erste sich auf die Planetenscheibe projicirende Mond um so besser sichtbar, je mehr er sich dem Rande näherte.

---

*) Herigonus hatte 1644 den Vorschlag gemacht, zur Längenbestimmung anstatt der Verfinsterungen der Monde ihre Vorübergänge vor dem Mittelpunkte der Scheibe des Jupiter zu wählen. Cassini entgegnete hierauf (Mém. de l'Acad. VIII.), daß die von Herigonus vorgeschlagene Beobachtung nicht ausführbar sei, weil die Monde nicht sichtbar wären, wenn sie sich auf den Mittelpunkt des Planeten projicirten.

Am 22. August 1760 wurde der zweite Mond nur dann sichtbar, wenn er vom Rande des Planeten um $1/8$ seines Durchmessers abstand.

Das mit einem doppeltbrechenden Prisma versehene Fernrohr liefert ein Mittel diese Beobachtungen zu wiederholen mit der Abänderung, daß in demselben ein Bild auf den Planeten projicirt wird, und nicht ein materieller Schirm, der das Licht, vor welches er sich stellt, ins Auge zu gelangen hindert. Mittelst eines solchen Fernrohres kann man z. B. das ungewöhnlich gebrochene Bild eines jeden Mondes auf irgend einen Punkt des gewöhnlichen Bildes der Planetenscheibe projiciren.

Ich habe in meinen Tagebüchern derartige Beobachtungen gefunden, und nicht ohne Ueberraschung gesehen, daß der Mond sehr sichtbar am Rande war, aber gegen den Mittelpunkt hin verschwand, d. h. an einem Punkte, wo sein Licht, hinzugefügt zu dem des Planeten, die doppelte Summe des umgebenden Lichtes hätte bilden sollen. Indeß gebe ich diese Beobachtung nicht als vollkommen genau; sie verdient aber sicherlich wiederholt zu werden. Ich wage vorherzusagen, daß man zu interessanten Resultaten gelangen wird, wenn man zu diesen Beobachtungen bereits polarisirtes Licht anwendet, wodurch es möglich wird, die Lichtstärke des einen Bildes alle möglichen Grade durchlaufen zu lassen.

Achtundzwanzigstes Buch.

Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Wer die ausführlichen Details, auf welche ich bei der nachfolgenden Darlegung von Römer's Entdeckung der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupitersmonde eingehen zu müssen glaubte, mit dem vergleicht, was sich über diesen Gegenstand in den berühmtesten physikalischen und astronomischen Lehrbüchern findet, wird sich ohne Zweifel fragen, ob alle diese Einzelheiten nöthig gewesen wären. Ich meinestheils behaupte ohne Zögern, daß die von den meisten meiner Vorgänger gegebenen kurzen Erörterungen bei der Mehrzahl der Leser nicht die volle Ueberzeugung hervorrufen. Erst nachdem ich mich selbst von dem Ungenügenden der wenigen Sätze überzeugt hatte, mit welchen man die Theorie des berühmten dänischen Astronomen begründen zu können glaubte, habe ich mich für eine ausführlichere Entwickelung entschieden.

Zweites Kapitel.

Bemerkungen über die Erscheinungen, welche die Verfinsterungen der Jupitersmonde darbieten.

Ich erinnere zunächst daran, daß Jupiter, weil er ein undurchsichtiger Körper ist, nach der von der Sonne abgekehrten Seite einen Schattenkegel werfen muß, dessen Axe die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Gestirne ist, und in welchen kein Sonnenstrahl eindringen kann. Ich erinnere ferner daran, daß die Monde, weil sie ebenfalls nicht selbstleuchtend sind, nur durch reflectirtes Sonnenlicht gesehen werden, und also verschwinden müssen, wenn dieses Licht dieselben nicht mehr erreicht oder wenn sie in den Schattenkegel eingetreten sind. Dies vorausgeschickt, bedeute in Fig. 331 S die Sonne, T die Erde,

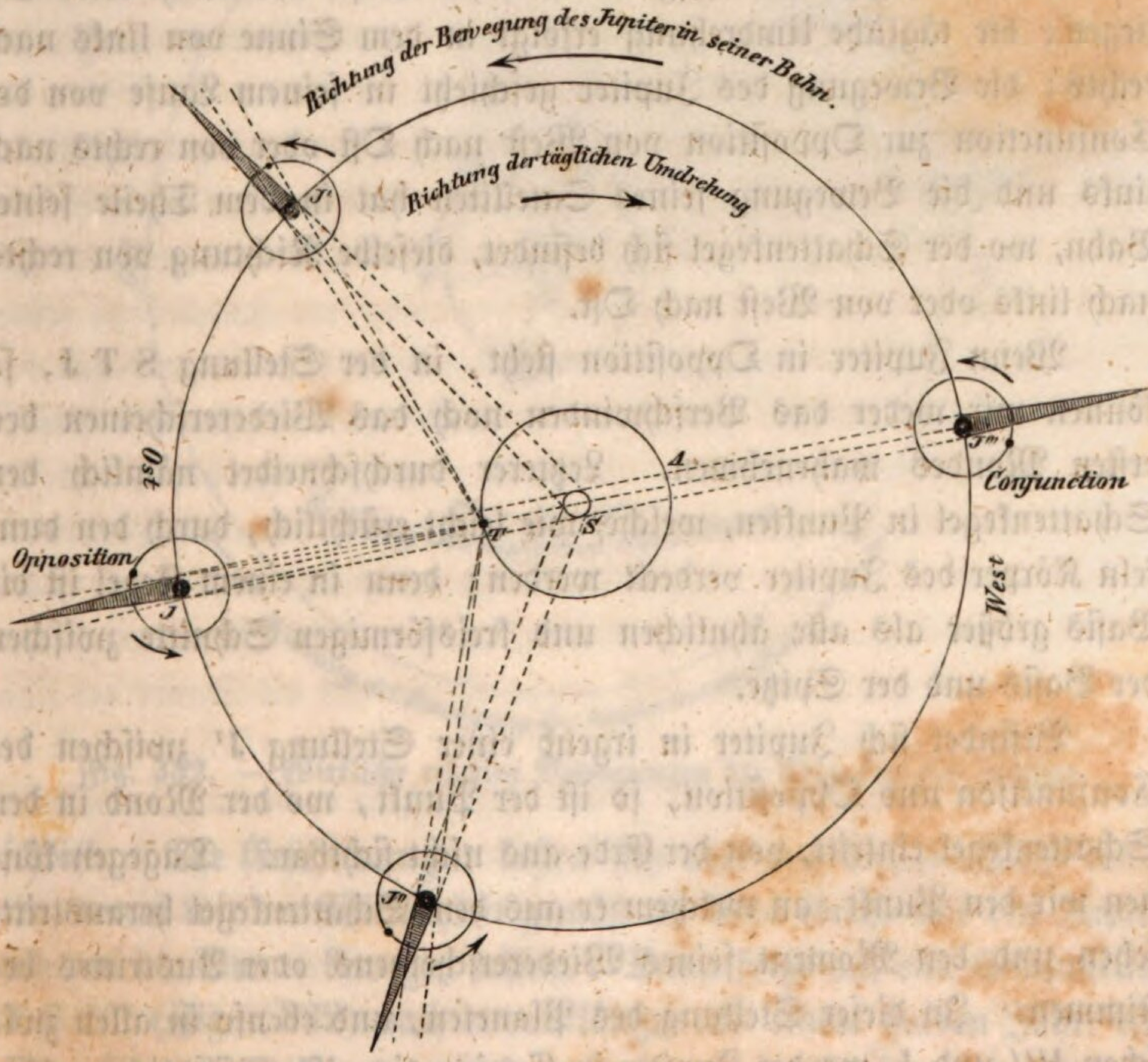


Fig. 331. — Erklärung der Sichtbarkeit des Ein- und Austrittes der Jupitersmonde aus dem Schattenkegel.

und J, J′, J″ und J‴ den Jupiter in den verschiedenen Stellungen, welche er zu verschiedenen Zeiten eines Jahres einnehmen kann.

Man darf nicht vergessen, daß wenn die Erde T sich zwischen Jupiter und Sonne auf der Verbindungslinie beider Gestirne befindet, Jupiter, weil er der Sonne grade entgegengesetzt steht, genau um Mitternacht in den Meridian tritt; man sagt dann, der Planet sei in Opposition. Wenn die Erde immer noch auf der Verbindungslinie der Sonne und des Jupiter, aber nicht mehr zwischen diesen beiden Gestirnen liegt, sondern in der Stellung, wie sie durch T S J‴ angegeben wird, so sieht ein auf der Erde stehender Beobachter den Jupiter in derselben Gegend des Himmels, welche die Sonne einnimmt, und beide Gestirne gehen in demselben Augenblicke, d. h. um Mittag, durch den Meridian; der Jupiter steht dann in Conjunction.

In der Figur 331 möge nach rechts West und nach links Ost liegen; die tägliche Umdrehung erfolgt in dem Sinne von links nach rechts; die Bewegung des Jupiter geschieht in seinem Laufe von der Conjunction zur Opposition von West nach Ost oder von rechts nach links und die Bewegung seines Satelliten hat in dem Theile seiner Bahn, wo der Schattenkegel sich befindet, dieselbe Richtung von rechts nach links oder von West nach Ost.

Wenn Jupiter in Opposition steht, in der Stellung S T J, so können wir weder das Verschwinden noch das Wiedererscheinen des ersten Mondes wahrnehmen. Letzterer durchschneidet nämlich den Schattenkegel in Punkten, welche, wie leicht ersichtlich, durch den dunkeln Körper des Jupiter verdeckt werden; denn in einem Kegel ist die Basis größer als alle ähnlichen und kreisförmigen Schnitte zwischen der Basis und der Spitze.

Befindet sich Jupiter in irgend einer Stellung J′ zwischen der Conjunction und Opposition, so ist der Punkt, wo der Mond in den Schattenkegel eintritt, von der Erde aus nicht sichtbar. Dagegen können wir den Punkt, an welchem er aus dem Schattenkegel heraustritt, sehen und den Moment seines Wiedererscheinens oder Austrittes bestimmen. In dieser Stellung des Planeten, und ebenso in allen zwischen J‴ und J, wo der Jupiter in Conjunction ist, befindlichen, können also nur die Austritte beobachtet werden. Das Umgekehrte wird

stattfinden, wenn wir den Jupiter an irgend einem Punkte J'' zwischen der Opposition und Conjunction betrachten; es ist dann nur die Seite des Schattenkegels sichtbar, wo der Mond in denselben eindringt: wir können also nur die Eintritte beobachten, während die Austritte an Punkten erfolgen, welche durch den dunklen Körper des Planeten verdeckt sind.

In Figur 331 haben wir der Einfachheit wegen die Erde unbeweglich in T angenommen, während Jupiter seine ganze Bahn be-

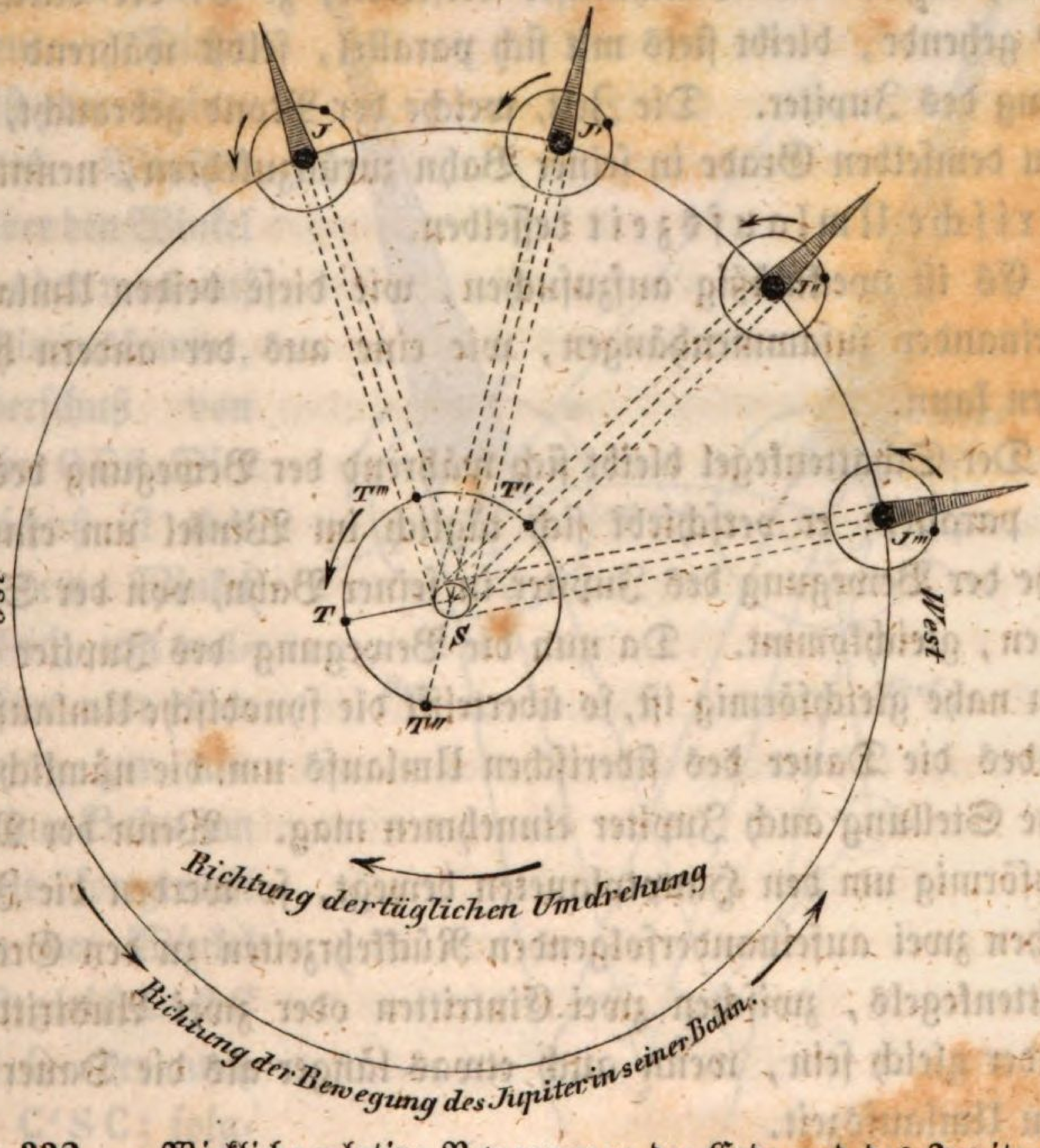


Fig. 332. — Wirkliche relative Bewegungen der Erde und des Jupiter.

schrieb. Die Erscheinungen lassen sich aber auf dieselbe Weise erklären, wenn wir der Wirklichkeit gemäß die Erde ebenso wie den Jupiter sich um die Sonne bewegen lassen. Dann folgt auf eine Conjunction T S J''' (Figur 332) nach etwas länger als einem halben Jahre eine Opposition S T' J'', darauf kommt eine zweite Conjunction T'' S J', auf welche wieder eine Opposition S T''' J folgt u. s. w. Während

die Erde in ihrer Bahn von T nach T′ geht, sehen wir alle zuvor beschriebenen Erscheinungen am Jupiter, der sich von J‴ nach J″ bewegt, eintreten.

Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten eines und desselben Jupitersmondes verfließt, ist genau gleich der Zeit, welche zwischen zwei Austritten liegt; sie heißt die synodische Umlaufszeit.

Wir wollen uns die Bahn des Jupitersmondes in 360° getheilt denken; irgend ein Durchmesser derselben, z. B. der durch 0° und 180° gehende, bleibt stets mit sich parallel, selbst während der Fortrückung des Jupiter. Die Zeit, welche der Mond gebraucht, um wieder zu demselben Grade in seiner Bahn zurückzukehren, nennt man die siderische Umlaufszeit desselben.

Es ist zweckmäßig aufzusuchen, wie diese beiden Umlaufszeiten mit einander zusammenhängen, wie eine aus der andern hergeleitet werden kann.

Der Schattenkegel bleibt sich während der Bewegung des Jupiter nicht parallel; er verschiebt sich täglich im Winkel um eine Größe, welche der Bewegung des Jupiter in seiner Bahn, von der Sonne aus gesehen, gleichkommt. Da nun die Bewegung des Jupiter in seiner Bahn nahe gleichförmig ist, so übertrifft die synodische Umlaufszeit des Mondes die Dauer des siderischen Umlaufs um die nämliche Größe, welche Stellung auch Jupiter einnehmen mag. Wenn der Mond sich gleichförmig um den Hauptplaneten bewegt, so werden die Intervalle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rückkehrzeiten zu den Grenzen des Schattenkegels, zwischen zwei Eintritten oder zwei Austritten unter einander gleich sein, wenn auch etwas länger als die Dauer der siderischen Umlaufszeit.

Ein periodischer oder siderischer Umlauf ist vollendet, wenn das Gestirn zu demselben physischen Punkte seiner Bahn, zu demselben Grade zurückgekehrt ist. Diese siderische Umlaufszeit ist kürzer als die synodische, welche sich auf die Rückkehr zum Schattenkegel bezieht. Denn nach der Art, wie Jupiter sich von West nach Ost bewegt, bleibt die Linie C Z (Figur 333), welche im Momente des Eintritts den Mittelpunkt des Jupiter mit dem Monde verband, mit sich parallel.

Wenn der Jupiter nach C′ gekommen ist, so befindet sich der Punkt Z in Z′ auf der mit C Z parallelen Linie C′ Z′. Der Punkt Z′ liegt aber nicht mehr auf der Grenze des Schattens; der nach Z′ gelangte Satellit muß noch den Bogen Z′ V durchlaufen, bevor er verfinstert wird. Es bleibt jetzt also noch der Bogen V Z′ oder der Winkel V C′ Z′ zu finden. Dieser Winkel ist der Ueberschuß des Winkels O′ C′ Z′ über den Winkel O′ C′ V, oder was auf dasselbe hinauskommt, der Ueberschuß von O′ C′ Z′ über O C Z. Dieser Ueberschuß ist aber offenbar dem Winkel C S C′ gleich, um welchen Jupiter von einer Beobachtung zur andern in seiner Bahn um die Sonne fortgerückt ist; denn der Winkel O C′ Z′ ist gleich C′ P C + C′ S C oder auch O C Z + C′ S C; folglich wird O′ C′ Z′ — O C Z gleich C′ S C, wenn die Bewegung des Jupiter gleichförmig ist, was wegen der geringen Excentricität seiner Bahn sehr nahe stattfindet.

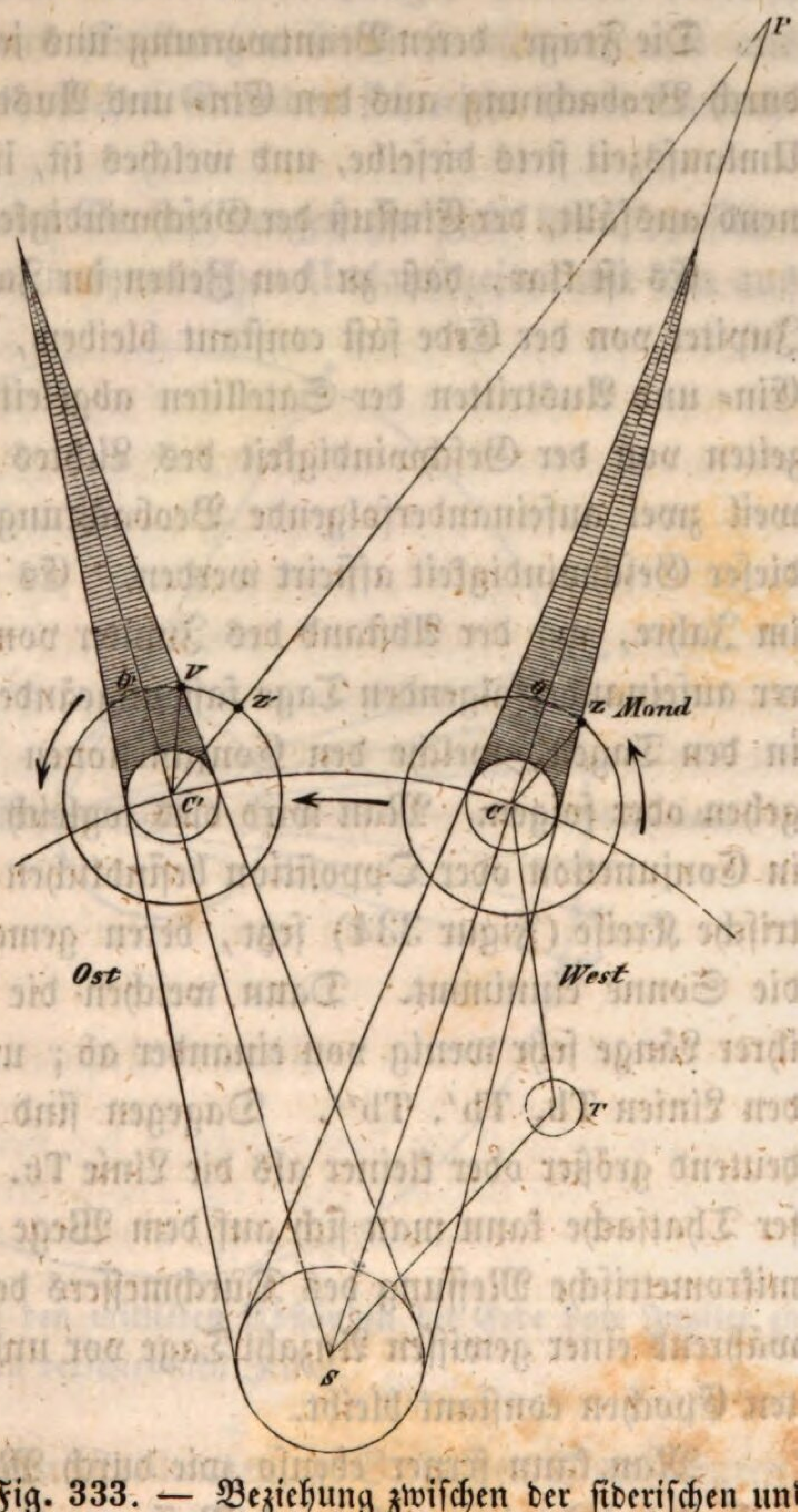


Fig. 333. — Beziehung zwischen der siderischen und synodischen Umlaufszeit des Jupiter.

Drittes Kapitel.

Einfluß der Geschwindigkeit des Lichtes auf die beobachteten Werthe der synodischen Umlaufszeiten der Jupitersmonde.

Die Frage, deren Beantwortung uns jetzt obliegt, lautet: Ist die durch Beobachtung aus den Ein- und Austritten bestimmte synodische Umlaufszeit stets dieselbe, und welches ist, im Fall die Antwort verneinend ausfällt, der Einfluß der Geschwindigkeit des Lichtes auf dieselbe?

Es ist klar, daß zu den Zeiten im Jahre, wo die Abstände des Jupiter von der Erde fast constant bleiben, die aus den beobachteten Ein- und Austritten der Satelliten abgeleiteten synodischen Umlaufszeiten von der Geschwindigkeit des Lichtes unabhängig sein müssen, weil zwei aufeinanderfolgende Beobachtungen in gleicher Weise von dieser Geschwindigkeit afficirt werden. Es gibt nun aber zwei Zeiten im Jahre, wo der Abstand des Jupiter von der Erde während mehrerer aufeinanderfolgenden Tage fast ungeändert bleibt; dies ist der Fall in den Tagen, welche den Conjunctionen und Oppositionen vorhergehen oder folgen. Man wird dies sogleich einsehen, wenn man beide in Conjunction oder Opposition befindlichen Gestirne auf zwei concentrische Kreise (Figur 334) setzt, deren gemeinschaftlichen Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Dann weichen die Linien Ta, Ta′, Ta″ in ihrer Länge sehr wenig von einander ab; und dasselbe gilt auch von den Linien Tb, Tb′. Tb″. Dagegen sind diese Linien respective bedeutend größer oder kleiner als die Linie Tc. Von der Richtigkeit dieser Thatsache kann man sich auf dem Wege der Beobachtung durch die mikrometrische Messung des Durchmessers des Jupiter überzeugen, der während einer gewissen Anzahl Tage vor und nach den beiden erwähnten Epochen constant bleibt.

Man kann ferner ebenso wie durch Messungen des Winkeldurchmessers des Jupiter auch durch Messungen der Elongationen des Satelliten nachweisen, daß in der Nähe der Opposition und Conjunction der Abstand des Planeten und seines Mondes von der Erde sich fast nicht ändert, so daß also zu diesen Zeiten die Umlaufszeiten des Mondes oder die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten liegenden Zeiträume von der Geschwindigkeit des Lichtes unabhängig sein müssen,

weil beide miteinander verglichenen Beobachtungen von Seiten dieser Geschwindigkeit einen gleichen Einfluß erfahren. Man wird also mittelst eines einige Tage vor oder nach der Conjunction oder Opposition beobachteten Ein- und Austritts denjenigen herleiten können, welcher in den letztgenannten Stellungen selbst stattfindet, und aus bereits oben angegebenen physischen Gründen sich nicht direct beobachten läßt.

Vergleicht man die aus Beobachtungen zur Zeit der Opposition oder Conjunction hergeleiteten synodischen Umlaufszeiten mit den aus

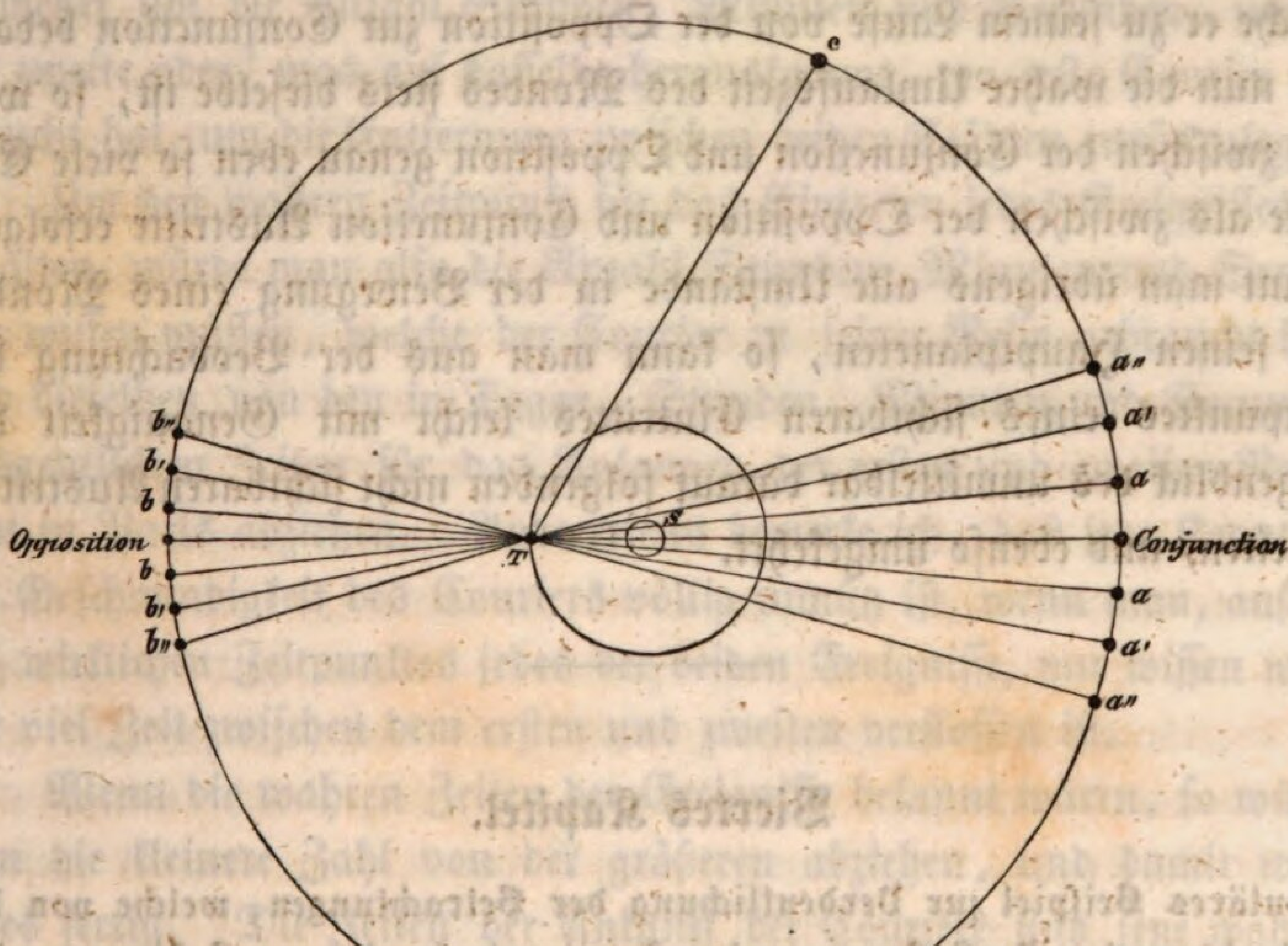


Fig. 334. — Aenderungen in den mittleren Abständen der Erde vom Jupiter zu den verschiedenen Zeiten.

den Beobachtungen in andern Stellungen, z. B. in den Quadraturen, berechneten, so werden dieselben von einander abweichen.

Untersuchen wir jetzt, wie viel der Abstand des Jupiter von der Erde sich von der Opposition zur Conjunction geändert hat. Der Abstand T J (Fig. 331) des in J in Opposition befindlichen Jupiter von der Erde ist gleich dem halben Unterschiede zwischen den Durchmessern der Jupiters- und Erdbahn; der Abstand T J''' des in J'''

in Conjunction befindlichen Jupiter besteht aus dem Durchmesser der Erdbahn T A und der Größe A J''', die ebenso wie T J der halbe Unterschied der beiden Bahndurchmesser ist. Der Unterschied zwischen den Abständen des Jupiter von der Erde in Conjunction und in Opposition ist also T A, oder gleich 2 mal 20 Millionen Meilen, d. h. dem Doppelten des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne.

Ich will noch eine Bemerkung beifügen, die uns sehr nützlich sein wird; die Zeit, welche der Jupiter gebraucht, um von der Conjunction zur Opposition zu gelangen, ist genau derjenigen gleich, welche er zu seinem Laufe von der Opposition zur Conjunction bedarf. Da nun die wahre Umlaufszeit des Mondes stets dieselbe ist, so werden zwischen der Conjunction und Opposition genau eben so viele Eintritte als zwischen der Opposition und Conjunction Austritte erfolgen. Kennt man übrigens alle Umstände in der Bewegung eines Mondes um seinen Hauptplaneten, so kann man aus der Beobachtung des Zeitpunktes eines sichtbaren Eintrittes leicht mit Genauigkeit den Augenblick des unmittelbar darauf folgenden nicht sichtbaren Austrittes herleiten, und ebenso umgekehrt.

Viertes Kapitel.

Populäres Beispiel zur Verdeutlichung der Betrachtungen, welche von der Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben.

Um mit vollständiger Klarheit die Betrachtungen darzulegen, welche zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben, werde ich zuerst ein populäres Beispiel wählen.

Gesetzt in Orleans habe irgend ein Ereigniß stattgefunden, und in demselben Augenblicke sei ein Courier abgesandt worden, um die Nachricht nach Paris zu bringen.

Die Zeit der Ankunft jener Nachricht in Paris wird gleich sein der Zeit, wo das Ereigniß in Orleans eintrat, vermehrt um die Anzahl von Stunden, Minuten und Secunden, in welchen der Cou-

rier die Reise durch den beide Städte trennenden Zwischenraum zurücklegt.

Ein zweites Ereigniß trete ebenfalls zu Orleans am nächstfolgenden, drittfolgenden oder irgend einem beliebigen Tage ein. Ich setze voraus, daß der Courier, welcher die Nachricht nach Paris überbringt, stets genau mit derselben Geschwindigkeit, als der erste, also weder schneller noch langsamer reist.

Die Zeit, zu welcher man diese zweite Nachricht in Paris erfährt, wird offenbar wieder gleich sein der Zeit, wo das Ereigniß eintrat, vermehrt um die Anzahl Stunden, Minuten und Secunden, welche der zweite oder, was auf dasselbe herauskommt, der erste Courier gebraucht hat, um die Entfernung zwischen beiden Städten zurückzulegen.

Um den wahren Zeitpunkt für das Eintreten jedes Ereignisses zu erhalten, würde man also die Anzahl Stunden, Minuten und Secunden wissen müssen, welche der Courier zu seiner Reise gebraucht hat, und dieselben von den in Tagen, Stunden, Minuten und Secunden ausgedrückten Zeiten für das Anlangen der ersten und zweiten Nachricht in Paris abziehen. Andererseits bemerke ich, daß jede Kenntniß der Geschwindigkeit des Couriers völlig unnütz ist, wenn man, anstatt des wirklichen Zeitpunktes jedes der beiden Ereignisse, nur wissen will, wie viel Zeit zwischen dem ersten und zweiten verflossen ist.

Wenn die wahren Zeiten der Ereignisse bekannt wären, so würde man die kleinere Zahl von der größeren abziehen, und damit wäre Alles fertig. Die Zeiten der Ankunft der Couriere sind jene wahren Zeiten, vermehrt um eine und dieselbe Größe. Nun ändert sich aber der Unterschied zweier Zahlen nicht, wenn beide um eine und dieselbe Größe vermehrt werden. Wir können daher auch den wirklich zwischen den beiden Ereignissen verflossenen Zeitraum berechnen, wenn wir einfach von der Zeit der Ankunft des zweiten Couriers in Paris die Zeit der Ankunft des ersten abziehen.

Für die Genauigkeit dieses Resultates ist nur erforderlich, aber auch hinreichend, daß beide Couriere mit gleicher Geschwindigkeit gereist sind und denselben Weg zurückzulegen gehabt haben. Daher ist es nicht nothwendig, daß beide Ereignisse in derselben Stadt vorgefallen sind; die Rechnung wird offenbar ebenso richtig bleiben, wenn

man sie auf in zwei verschiedenen Städten vorgefallene Ereignisse anwendet, vorausgesetzt, daß diese beiden Städte von Paris gleich weit entfernt sind.

Wir gehen jetzt zu dem Falle über, wo die beiden Couriere ungleich lange Wege zurückzulegen haben, um nach Paris zu kommen, wo also die Ereignisse, deren Nachrichten sie überbringen, nicht in zwei gleich weit von Paris entfernten Städten vorgefallen sind. Um von einem bestimmten Falle auszugehen, wollen wir Orleans und Bourges wählen, und dieselben als auf einer von Paris ausgehenden graden Linie gelegen annehmen.

Das erste Ereigniß möge in der Paris näheren Stadt, also in Orleans, das zweite in der entfernteren, also in Bourges vorgefallen sein. Hätte der von letzterer Stadt ausgegangene Courier dieselbe Zeit gebraucht, um nach Paris zu kommen, als der von Orleans abgesandte, so würden wir, wie kurz zuvor, die wirklich zwischen beiden Ereignissen verflossene Zeit erhalten, wenn wir die Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges abzögen. Aber der Courier aus Bourges ist später, als eben angenommen, und zwar um die ganze Zeit, welche er zur Reise von Bourges nach Orleans gebraucht hat, in Paris angelangt. Die bezeichnete Subtraction gibt folglich die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Ereignissen, vermehrt um die Zeit, welche der Courier für die Entfernung von Bourges nach Orleans, d. h. von der entfernteren Stadt zur nähern verbraucht hat.

Wäre das zweite Ereigniß in der Paris näher gelegenen Stadt eingetreten, so würde man von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans die Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges abziehen müssen. Aber dies Mal würde die abzuziehende Zahl um die ganze Dauer der Reise des Couriers von Bourges nach Orleans zu groß sein. Die Subtraction einer zu großen Zahl liefert eine zu kleine Differenz. Zieht man also die Zeit der Ankunft des Couriers aus Bourges von der Zeit der Ankunft des Couriers aus Orleans ab, so erhält man die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Ereignissen vermindert um die Zeit, welche der Courier zum Zurücklegen der Entfernung zwischen beiden Städten verbraucht hat.

Nehmen wir endlich an, wir wüßten aus der Beschaffenheit der Vorfälle selbst, daß die wahre Zwischenzeit zwischen den beiden ersten Ereignissen der wahren Zwischenzeit zwischen den beiden andern genau gleich wäre. Von den beiden auf angegebene Weise aus den Zeiten der Ankunft jener vier Couriere durch Subtraction hergeleiteten Differenzen wird die eine größer, die andere kleiner sein als die wahre Zwischenzeit beider Ereignisse, und zwar um dieselbe Größe, die nichts Anderes ist, als die Zeit zur Reise von Bourges nach Orleans.

Fünftes Kapitel.

Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde.

Kehren wir jetzt zu den Jupitersmonden zurück, um die im Vorhergehenden erläuterten Sätze auf die Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes anzuwenden.

Die zu vergleichenden Erscheinungen sind zunächst der Eintritt eines Mondes am Tage der Conjunction und ein darauf folgender Eintritt am Tage der Opposition.

Bei einer zweiten Vergleichung werden wir als erstes Ereigniß den Austritt am Tage der Opposition und als zweites den entsprechenden am Tage der Conjunction wählen.

Der Courier, welcher im ersten Falle die eine Nachricht überbringt, ist der Lichtstrahl, welcher von J (Fig. 335) ausgehend nach A gelangt; der zweite Courier ist derjenige, welcher von J''' ausgehend ebenfalls nach A gelangt.

Im zweiten Falle hat der eine Courier oder Lichtstrahl den Raum J T zu durchlaufen, um die Nachricht vom Austritte nach T zu bringen, und der zweite den Raum J''' T, um die Nachricht von dem zweiten Austritte nach T zu tragen.

Da der Zeitraum zwischen den J und J''' entsprechenden Eintritten in Wirklichkeit derselbe ist, wie zwischen den J und J''' entsprechenden Austritten, so muß zwischen diesen beiden Zeiträumen eine Differenz stattfinden, die der doppelten Zeit gleich ist, welche der Licht-

courier zum Durchlaufen des Unterschiedes der beiden Entfernungen TJ und TJ''' gebraucht hat, d. h. gleich der doppelten Zeit, welche das Licht bedarf, um den Raum TA zurückzulegen. Es ist, wie man sieht, Punkt für Punkt eine Anwendung der frühern Resultate, als wir die durch zwei von Orleans und Bourges ausgegangene Couriere überbrachten Nachrichten miteinander verglichen.

Ist die Differenz zwischen den beiden zuvor erwähnten Zeitintervallen merklich und übertrifft sie die Beobachtungsfehler?

Auf diese Frage kann ich antworten, daß jener Unterschied beträchtlich ist, und bis 33 Min. 4 Sec. steigt. Das Licht gebraucht also

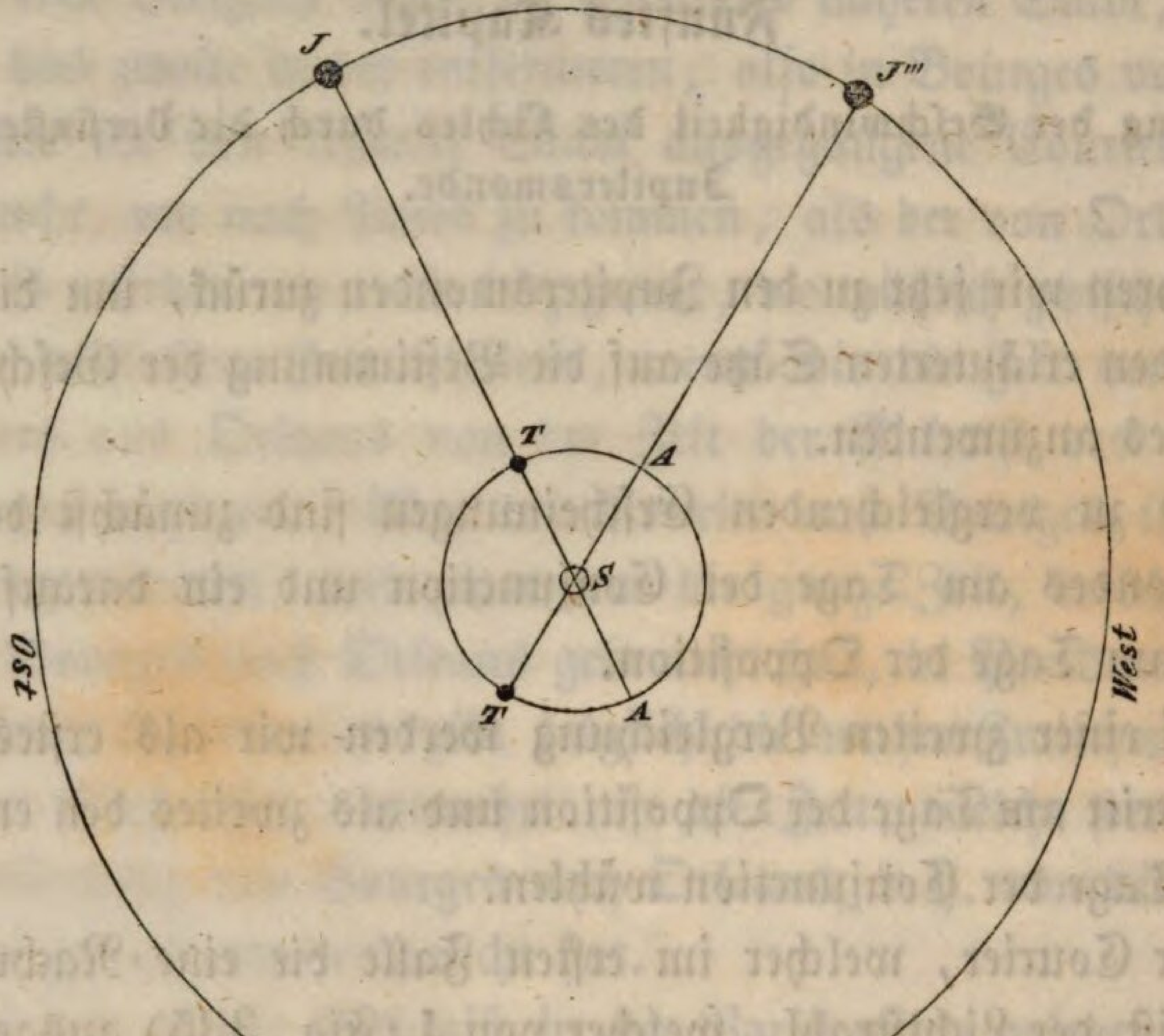


Fig. 335. — Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde.

16 Minuten 32 Secunden, um den ganzen Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen, folglich 8 Minuten 16 Secunden, um die Hälfte dieses Raumes zurückzulegen oder von der Sonne zur Erde zu gelangen.

Die Richtigkeit der gegebenen Erklärung wird durch Folgendes noch weiter bestätigt.

Wenn die Geschwindigkeit des Lichtes nicht unendlich groß ist, so

wächst die zwischen zwei Ein- oder zwei Austritten des ersten Jupitersmondes liegende Zeit, wenn Jupiter sich von der Erde entfernt; dagegen wird sie geringer, während er sich derselben nähert, und zwar in beiden Fällen um diejenige Zeit, welche das Licht gebraucht, um den Raum, um welchen der Planet sich der Erde genähert oder von ihr entfernt hat, zu durchlaufen. Die Größe, um welche sich Jupiter auf seinem Wege von der Conjunction bis zur Opposition der Erde nähert, und andererseits von der Opposition bis zur Conjunction während des synodischen Umlaufs eines Mondes wieder von ihr entfernt, ist leicht zu berechnen; man kann daher an diese Umläufe die Correction anbringen, welche von der Geschwindigkeit des Lichtes abhängt, unter der Annahme, daß letzteres 8 Minuten 16 Secunden zu seiner Fortpflanzung von der Sonne bis zur Erde nöthig hat.

Nach Anbringung dieser Correction ergeben sich die synodischen Umlaufszeiten der Jupitersmonde genau gleich; diese vollkommene Gleichheit rechtfertigt die von uns aufgestellte Erklärung, zeigt aber auch ferner, daß das Licht innerhalb des ganzen Raumes, welchen die Jupitersbahn einschließt, sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortpflanzt.

Sechstes Kapitel.

Geschichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes.

Die Bestimmung der ungemein großen Geschwindigkeit, mit welcher sich das Licht durch den Raum bewegt, gehört zu den schönsten Resultaten der neuern Astronomie. Im Alterthume wurde diese Geschwindigkeit für unendlich groß gehalten, eine Ansicht, welche auch Descartes im 17. Jahrhundert noch theilte. Der Gedanke, daß das Licht zu seiner Fortpflanzung eine gewisse Zeit gebrauche, findet sich in dem zweiten Buche des Novum organum von Franz Baco ausgesprochen.

Die verschiedenen Bestimmungen der Astronomen wichen übrigens lange Zeit sehr von einander ab. Duhamel gab ungefähr eine Viertelstunde für die Zeit an, welche das Licht zum Durchlaufen des mitt-

leren Erdbahnhalbmessers gebraucht; Horrebow fand 14 Min. 7 Sec., Cassini 14 Min. 10 Sec., Newton 7 Min. 30 Sec., Delambre 8 Min. 13 Sec. Die von mir angenommene Zeit von 8 Min. 16 Sec., welche das Licht gebraucht, um eine Entfernung von 20644000 Meilen zurückzulegen, entspricht einer Geschwindigkeit von 41622 Meilen in der Secunde.

Die eigentliche Entdeckung der Meßbarkeit dieser Geschwindigkeit wurde 1675 von Römer gemacht, der einen angenäherten Werth für die Zeit berechnete, welche das von dem ersten Jupitersmonde reflectirte Licht gebraucht, um bis zu uns zu gelangen.

Beim Studium der Geschichte der Astronomie sieht man mit Erstaunen, daß J. Dom. Cassini, der anfangs gemeinschaftlich mit Römer die allmäliche Fortpflanzung des Lichtes angenommen hatte, um die in der Nähe der Opposition beobachteten Verfinsterungen mit den um die Conjunction beobachteten in Uebereinstimmung zu bringen, diese Ansicht später wieder aufgegeben hat. Zur Rechtfertigung des großen Astronomen muß ich aber bemerken, daß allein der synodische Umlauf des ersten Mondes die durch die Theorie angezeigte Gleichförmigkeit besaß, während die Verfinsterungen der übrigen Monde wegen der Langsamkeit ihrer Bewegung und ihres Durchganges durch den Schattenkegel nicht mit der erforderlichen Genauigkeit beobachtet waren[1]).

Siebentes Kapitel.

Aberration der Fixsterne.

Alle Firsterne erleiden jährliche Verrückungen, die von der Stellung der Erde in ihrer Bahn und von der Lage dieser Sterne gegen die Ekliptik abhängen. Diese Verrückungen stehen nach sehr merkwürdigen mathematischen Gesetzen mit einander in Beziehung. Ein am Pole der Ekliptik befindlicher Firstern scheint alljährlich, d. h. genau während eines Umlaufs der Erde um die Sonne, einen kleinen Kreis von 20″44 Halbmesser zu beschreiben.

Nimmt man die Ekliptik und diesen kleinen Kreis in 360 einander entsprechende Grade getheilt an, so wird der Stern stets 90°

von dem Orte, welchen die Erde einnimmt, abstehen. Wenn also die Erde sich auf 0° in ihrer Bahn befindet, so liegt der Stern auf dem 90. Grade der Curve, welche er zu beschreiben scheint. Steht die Erde auf dem 90. Grade der Ekliptik, so erscheint der Stern auf dem 180. Grade seiner kleinen jährlichen Bahn, u. s. f.

Betrachten wir jetzt einen nicht mehr am Pole, sondern in der Ebene der Ekliptik selbst befindlichen Stern, so wird ein solcher in einer graden Linie zu oscilliren scheinen, welche ganz in jene Ebene fällt und eine Länge von 40″88 besitzt.

In den zwei um sechs Monate von einander abstehenden Zeitpunkten, wo die Erde sich grade auf den Stern zu oder von ihm ab zu bewegen scheint, steht der Stern in der Mitte dieser kleinen graden Linie von 40″88 scheinbarer Länge.

Die größten Elongationen dagegen, 20″44 nach rechts oder links von jenem Mittelpunkte, treten zu den Zeiten ein, wo die Erde bei ihrem Umlaufe um die Sonne die Endpunkte desjenigen Durchmessers ihrer Bahn erreicht, dessen Verlängerung durch den Stern gehen würde.

Untersuchen wir nun schließlich noch die Erscheinungen bei solchen Sternen, welche zwischen der Ekliptik und ihrem Pole liegen. Jeder derselben beschreibt eine Ellipse, die um so mehr abgeplattet ist, je näher er der Ebene der Ekliptik steht, dagegen um so mehr einem Kreise gleicht, je näher er dem Pole der Ekliptik liegt. Die große Axe aller dieser Ellipsen beträgt unveränderlich 40″88.

Aus dem Umstande, daß die Fixsterne verschiedene krumme Linien beschreiben, deren große Axen verschiedene Richtungen besitzen, folgt in aller Strenge, daß ihre Winkelabstände von einander sich continuirlich während einer Periode von 365½ Tagen ändern, und daß nach Verlauf eines Jahres Alles in den anfänglichen Zustand wieder zurückgekehrt ist.

Auf sehr scharfsinnige Weise sind diese jährlichen Verrückungen sowohl in Betreff ihrer numerischen Werthe als auch der Richtungen, nach welchen sie erfolgen, durch die vereinte Wirkung der Bewegung der Erde und des Lichtes erklärt worden. Man belegt dieselben mit dem Namen der A b e r r a t i o n.

Achtes Kapitel.

Theorie der Aberration.

Um die Erklärung der Aberration leichter verständlich zu machen, will ich von einem populären Beispiele ausgehen.

Es sei C D Fig. 336 eine Röhre, die an ihrem obern Ende durch eine dünne Metallplatte mit einer sehr kleinen Oeffnung A in ihrem

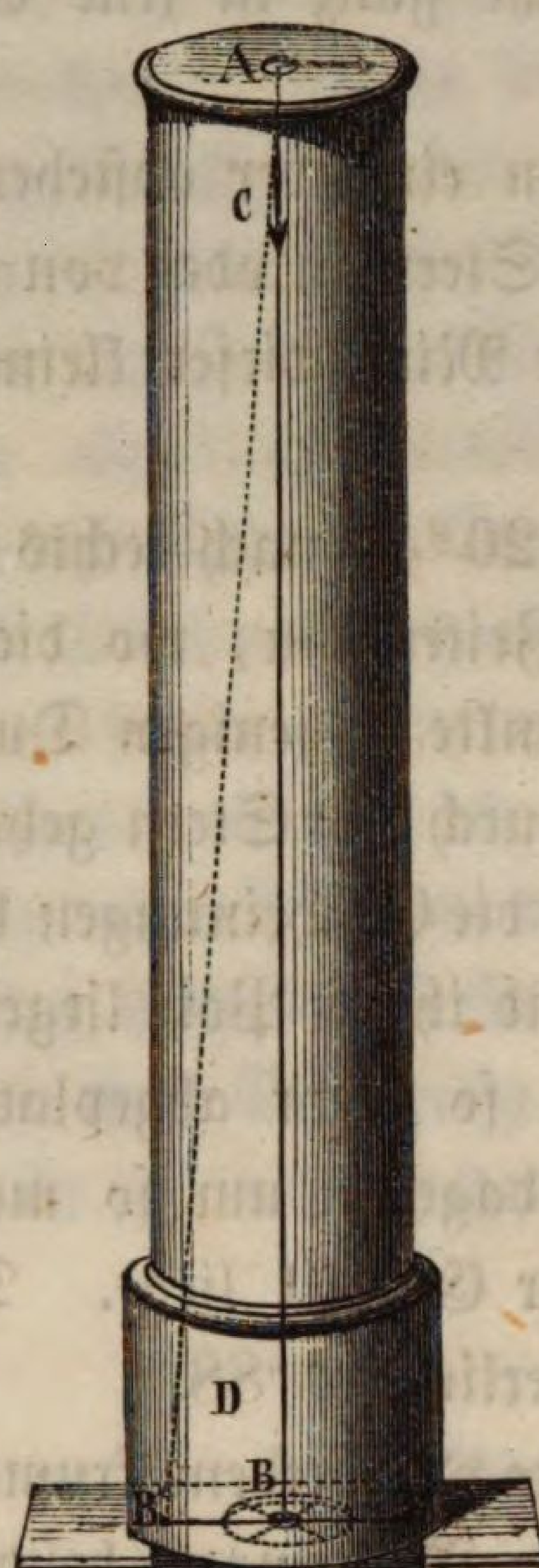


Fig. 336. — Erklärung der Aberration im Falle zweier aufeinander senkrechten Bewegungen



Fig. 337. — Erklärung der Aberration im Falle schief gegen einander gerichteter Bewegungen.

Mittelpunkte verschlossen ist, und in deren unterem Ende sich eine kleine undurchsichtige Platte B von der Größe der Oeffnung A befindet, welche durch einige an den Seiten der Röhre endigende Querstäbe in ihrer Lage erhalten wird. Es werde endlich ein kleiner Körper durch die Oeffnung A in das Innere der Röhre geschleudert, und wir stellen nun die Frage, welche Richtung muß die Röhre haben, damit jener kleine Kör-

per bei seiner Ankunft an dem untern Ende der Röhre durch die kleine Platte B aufgehalten werde? Wir müssen hier mehrere Fälle betrachten.

Wir wollen erstens annehmen, daß die Röhre ruhe und das Molecül sich vertical abwärts bewege, daß dasselbe z. B. ein bei vollkommen ruhiger Luft herabfallender Regentropfen sei. Es leuchtet ein, daß zur Erfüllung der aufgestellten Bedingung, derselbe solle die Platte B treffen, die Linie A B vertical stehen muß; nur dann wird der kleine Körper, welcher durch die Oeffnung A der oberen Platte eingedrungen ist, bei seiner Ankunft am unteren Ende der Röhre auf B fallen, und zwar ohne bei seiner absteigenden Bewegung die Linie A B zu verlassen. In diesem Falle gibt also die Axe der Röhre die Richtung A B an, in welcher der Körper dieselbe durchlaufen hat. Dies kann jedoch nicht mehr stattfinden, wenn die Röhre selbst eine Translationsbewegung besitzt, und die Geschwindigkeit derselben im Verhältniß zu der Geschwindigkeit des eindringenden Körperchens nicht vernachlässigt werden darf.

Setzen wir zunächst, diese Translationsbewegung der Röhre erfolge von links nach rechts, und zwar dergestalt, daß keiner ihrer Punkte aus einer auf A B senkrechten Linie heraustrete. Machen wir ferner die Annahme, daß während der Zeit, die das Molecül gebraucht, um den verticalen Abstand A B zu durchlaufen, die untere Platte in der Röhre, und damit also auch der Punkt B um die kleine Größe B B′ vorrücke: dann wird das Molecül bei seiner Ankunft am untern Ende der Röhre auf einen Punkt B″ treffen, der in Bezug auf die Röhre betrachtet links von B liegt, so daß B B″ = B B′ ist; es wird nicht mehr durch die Platte B aufgehalten, der es nicht mehr begegnet; damit letztere wieder getroffen werde, muß sie nicht mehr in der Verticale A B, sondern in der Linie A B″ angebracht werden, wo A B sich verhält zu B B″, wie die Geschwindigkeit des fallenden Molecüls zu der senkrecht gegen A B gemessenen Geschwindigkeit eines jeden Punktes der Röhre.

Die Linie A B″, welche die Bedingung erfüllt, daß das durch die Oeffnung A in die Röhre eingetretene Molecül von der in B″ be-

findlichen Platte aufgefangen wird, würde aber im vorliegenden Falle durchaus nicht die Richtung des Falles des Molecüles bezeichnen.

Gesetzt jeder Punkt der Röhre bewege sich mit der vorhergehenden Geschwindigkeit, aber nicht mehr senkrecht auf A B, sondern in einer schiefen, mit der Linie B E (Fig. 337) parallelen Richtung. Soll in diesem Falle das durch die Oeffnung A eingetretene Molecül von der Platte B, welche nach E gelangt sein würde, aufgefangen werden, so darf diese Platte sich ursprünglich nicht auf der Linie A B befinden, sondern muß in einem links von derselben gelegenen Punkte B′ liegen, so daß die beiden Seiten A B und B B′ des Dreiecks A B B′ sich zu einander verhalten wie die Geschwindigkeit des Molecüls zu der Geschwindigkeit des Punktes B; dann allein wird das Molecül bei seiner Ankunft am untern Ende der Röhre die Platte B treffen.

Man übersehe nicht, daß der Winkel B A B′, den wir soeben für den Fall der schiefwinkligen Bewegung der Röhre bestimmt haben, bei gleichen Geschwindigkeiten kleiner ist als der Winkel bei der auf die Linie A B senkrechten Bewegung der Röhre; denn dieser letztere Winkel würde, wie wir zuvor gesehen haben, erhalten werden, wenn man auf A B durch den Punkt B eine Senkrechte errichtete, und auf dieser einen von A B um die Größe B E entfernten Punkt R nähme; durch diese Construction käme aber R links von B′ zu liegen.

Einen Fall gibt es, außer dem schon betrachteten der absoluten Ruhe der Röhre, in welchem die verticale Linie A B die Eigenschaft besitzen würde, daß das durch A eingetretene Molecül die an ihrem untern Ende befindliche kleine Platte träfe: es ist derjenige, wo die Röhre sich mit einer beliebigen Geschwindigkeit genau in der Richtung von B A bewegt.

Alles was wir bisher von einem durch die Oeffnung A eintretenden, und die untere Marke B treffenden Molecüle gesagt haben, wird sich ohne Weiteres auf den Fall anwenden lassen, wo wir einen Stern durch ein Fernrohr beobachten. Das herabfallende materielle Molecül verwandelt sich dann in ein von dem Sterne ausgegangenes Lichtmolecül; die Oeffnung A wird der optische Mittelpunkt des Objectivs, und die Platte B endlich wird gebildet durch den Kreuzungspunkt der beiden im Brennpunkte des Objectivs angebrachten dunklen

Fäden, hinter welchem das beobachtete Bild des Sterns sich stellt und selbst bisweilen verschwindet.

Die rings um den optischen Mittelpunkt des Objectivs auffallenden Strahlen dienen nur die Intensität des Bildes zu vergrößern, ohne die Richtigkeit der zuvor aufgestellten Vergleichung zwischen der Röhre und dem Fernrohre irgend zu stören.

Wir müssen nun sehen, ob das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit der Erde und der Geschwindigkeit des Lichtes groß genug ist, um für das Maximum des Effects eine merkliche Abweichung der Linie A B von der Richtung nach dem Sterne zu bewirken.

Da die Erde ein Planet ist, so durchläuft sie alljährlich eine nahe kreisförmige Bahn, deren Radius 20 Millionen Meilen ist, und deren Umfang also gegen 130 Millionen Meilen beträgt. Theilt man diese Zahl durch die Anzahl der Secunden, welche ein Jahr enthält, so findet man, daß die Erde in einer Secunde 4,1 Meilen durchläuft, während das Licht in derselben Zeit 41600 Meilen zurücklegt. Die Geschwindigkeit der Erde ist sonach der zehntausendste Theil von der Geschwindigkeit des Lichtes. Mit Bezug auf Fig. 336, wo die Linie A B senkrecht auf B B″ steht, würden wir erhalten A B : B B″ = 10000 : 1. Durch trigonometrische Rechnung oder eine einfache graphische Construction folgt daraus der Winkel B″ A B gleich 20″44.

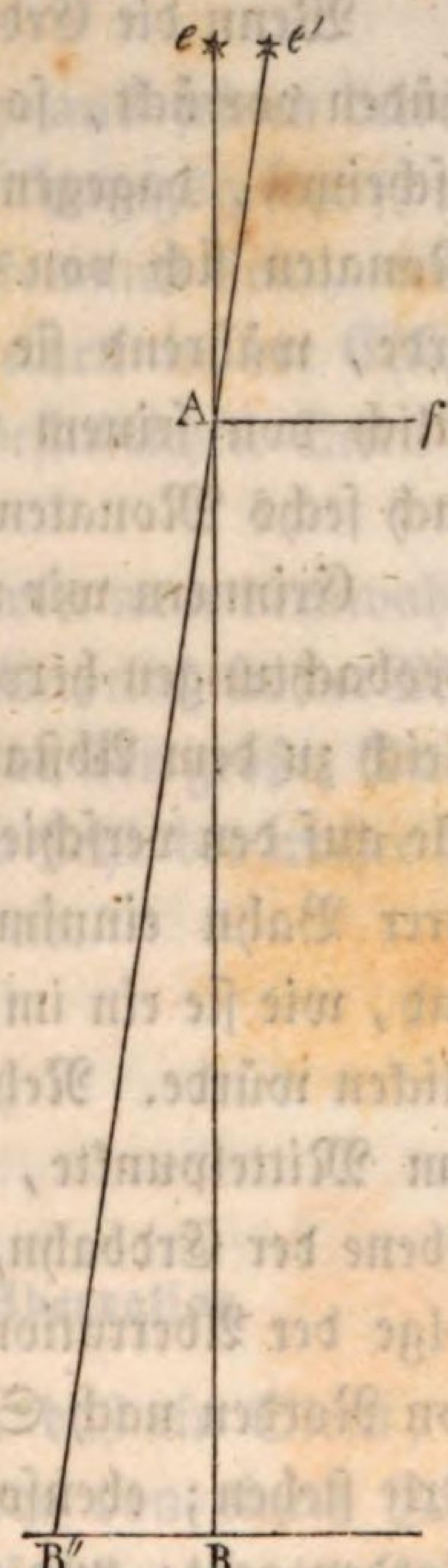


Fig. 338. — Einfluß der Verbindung der Geschwindigkeit des Lichtes mit der Geschwindigkeit der Erde auf den scheinbaren Ort der Firsterne.

Die eben erläuterte schöne Theorie verdanken wir Bradley.

Wie man sieht, ergibt sich aus allem Bisherigen, daß wenn die Erde sich bewegt, die Linie A B (Fig. 338) oder die optische Axe des Fernrohrs nicht die Richtung bezeichnet, in welcher von einem Sterne e die Lichtstrahlen zu uns gelangen. Man bemerkt sogar, daß in dem

Falle, wo die Lichtstrahlen senkrecht auf die Richtung A f, in welcher die Erde sich bewegt, zu uns kommen, der Stern e, wie man aus der Richtung der Linie A B″ schließen muß, in e′, also 20″44 weiter vorgerückt als sein wirklicher Ort, erscheinen wird, gewissermaßen als ob die Bewegung der Erde ihn in der Richtung ihrer Bewegung vorwärts gedrängt hätte.

Wenn die Erde, auf unsere Ekliptik bezogen, von Norden nach Süden vorrückt, so wird der Stern südlich von seinem wahren Orte erscheinen, dagegen nördlich von demselben, wenn die Erde nach sechs Monaten sich von Süden nach Norden bewegt. Betrachten wir die Erde, während sie von Westen nach Osten geht, so wird der Stern östlich von seinem wahren Orte erscheinen, dagegen westlich, wenn nach sechs Monaten eine Bewegung von Osten nach Westen eintritt.

Erinnern wir uns jetzt, wie aus vielen im Frühern erwähnten Beobachtungen hervorgeht, daß die Dimensionen der Erdbahn im Vergleich zu dem Abstande der Fixsterne verschwindend klein sind, so daß alle auf den verschiedenen Punkten, die unsere Erde nach und nach in ihrer Bahn einnimmt, beobachteten Erscheinungen genau dieselben sind, wie sie ein im Mittelpunkte der Ekliptik stehender Beobachter erblicken würde. Nehmen wir nun an, ein Astronom befinde sich an diesem Mittelpunkte, und beobachte einen in der Senkrechten auf der Ebene der Erdbahn, d. h. im Pole der Ekliptik stehenden Stern. Zufolge der Aberrationsbewegung wird der Stern, wenn die Erde sich von Norden nach Süden bewegt, 20″44 südlich von seinem wahren Orte stehen; ebenso 20″44 nördlich, wenn die Erde von Süden nach Norden geht; und um dieselbe Größe östlich oder westlich, wenn die Erde von West nach Ost oder von Ost nach West fortrückt. Ganz dieselben Schlüsse finden auf alle übrigen verschiedenen Richtungen, in welchen sich die Erde im Zeitraume eines Jahres bewegt, Anwendung. Es ist klar, daß eine durch alle scheinbaren Orte des Sternes gelegte krumme Linie ein Kreis sein muß, dessen Mittelpunkt der Pol der Ekliptik ist und dessen Halbmesser 20″44 beträgt. Theilt man diesen Kreis, so wie denjenigen, welchen die Erde in der Ebene der Ekliptik durchläuft, in 360 Grade, die sich in der Weise entsprechen, daß die analogen Theilpunkte auf einer Reihe von Ebenen

liegen, die auf der Ebene der Ekliptik senkrecht stehen und durch die Pollinie gehen, was also erreicht würde, wenn man durch die im Pole der Ekliptik endigende Linie und durch die beiden Theilungen 360 Ebenen legte: so leuchtet ein, daß der scheinbare Ort des Sternes auf dem Umfange des Kreises, den er jährlich zu durchlaufen scheint, stets 90° von der Stelle, welche die Erde in ihrer Bahn einnimmt, abweichen wird.

Dies ist aber genau eines der von Bradley aus seinen bewundernswürdigen Beobachtungen hergeleiteten Erfahrungsgesetze; und die Uebereinstimmung würde nicht weniger vollkommen sein, wenn wir anstatt eines Sternes am Pole der Ekliptik einen in der Ekliptik oder in irgend einer andern intermediären Lage befindlichen Stern gewählt hätten.

Vielleicht wird man die Frage aufwerfen, wie man den wahren Ort eines Sternes erfährt? Derselbe liegt unveränderlich in der Mitte zwischen zwei diametral entgegengesetzten Lagen; da der größte Durchmesser der scheinbaren Bahnen 40″88 beträgt, so steht der wahre Ort des Sternes 20″44 von einem der beiden Enden ab.

Neuntes Kapitel.

Geschichtliches über die Entdeckung der Aberration.

Meines Wissens hat Picard zuerst bemerkt, daß ein Stern, der Polarstern, kleine Verrückungen, die eine Periode von einem Jahre zeigten, und der jährlichen Parallaxe nicht zugeschrieben werden konnten, erlitt; indeß hat Bradley das Verdienst bewiesen zu haben, daß alle Sterne ähnliche Bewegungen zeigen, und ihm gebührt zugleich die ganz außerordentliche Ehre der Entdeckung der Gesetze und der physischen Gründe derselben[2]).

Die Aberration und ihre Erklärung gehört unstreitig zu den schönsten Entdeckungen, deren die neuere Astronomie sich rühmen kann.

Bei der Erklärung der Aberration bedienen sich einige Schriftsteller, unter Andern Euler, der Zusammensetzung der Bewegungen, welche im Auge vorgehen. Die von einem Sterne ausgegangenen

Lichtstrahlen, sagen sie, treffen das Auge des Beobachters in einer Linie, welche dasselbe mit dem Sterne verbindet; da aber das Auge nicht in Ruhe ist, sondern in der Richtung der Tangente an die Erdbahn fortrückt, so wird die Einwirkung der Lichtstrahlen dadurch geändert; die Linie, in deren Verlängerung der Stern erscheint, wird erhalten durch die Zusammensetzung beider Bewegungen, wie wir eine solche Construction bezüglich der Richtung des Stoßes beim Zusammentreffen der Körper ausführen.

Diese Art und Weise, den Aberrationswinkel mittelst des Parallelogrammes der Kräfte zu bestimmen, entspricht aber nicht dem Gesichtspunkte, unter welchem Bradley das Phänomen betrachtete. Man erzählt sogar, daß er es sehr mißfällig aufgenommen habe, als ihm Jemand diese Erklärung mittheilte, und andeutete, daß die Geschwindigkeit, welche man mit der Geschwindigkeit der Erde zusammensetzen müsse, um den Winkel zu finden, unter welchem die Netzhaut den Eindruck der Lichtstrahlen zu empfangen scheine, nicht die Geschwindigkeit des Lichtes im Raume, sondern diejenige Geschwindigkeit sei, mit welcher das Licht sich in den Flüssigkeiten des Auges bewege; was die Uebereinstimmung vernichten würde, welche der berühmte Astronom zwischen dem größten aus seinen Beobachtungen hergeleiteten Aberrationswinkel und demjenigen, welcher aus der von Römer mittelst der Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten erhaltenen Geschwindigkeit des Lichtes folgt, gefunden hatte. Ich führe diese Bemerkung hier nur an, um zu zeigen, wie sehr man Unrecht thut, aus der Theorie des Stoßes entlehnte Betrachtungen an die Stelle der sehr einfachen Erklärung zu setzen, welche wir von dem Phänomen gegeben haben, und die übrigens fast nur eine getreue Wiederholung der von Bradley selbst in seinen unsterblichen Abhandlungen in den Philosophical Transactions und später von Clairaut gelieferten Darstellung ist[3]).

Die in Rede stehenden Bewegungen der Fixsterne sind Aberration genannt worden, weil die Sterne, welche sie zeigen, nach Fontenelle's Ausdruck nach der einen und der andern Seite abzuirren scheinen.

Zehntes Kapitel.

Gleichheit der Geschwindigkeit des von verschiedenen Körpern ausgehenden Lichtes.

Aus der Erklärung desjenigen Phänomens an den Fixsternen, mit welchem wir uns in diesem Buche beschäftigt haben, ergibt sich, daß wenn die von zwei Sternen ausgegangenen Lichtstrahlen verschiedene Geschwindigkeiten besäßen, die scheinbaren von diesen Sternen jährlich beschriebenen Bahnen nicht gleiche Amplituden haben, oder mit andern Worten der größte Durchmesser dieser Bahnen nicht mehr 40″88 betragen würde. Eine Abweichung zwischen den beobachteten Aberrationen zweier Sterne wäre also ein sicheres Zeichen einer Differenz zwischen den Geschwindigkeiten der von ihnen ausgegangenen Lichtstrahlen. Unglücklicherweise gestattet dieses Prüfungsmittel keine sehr große Genauigkeit; denn es müßte die Geschwindigkeit der Strahlen des ersten Sternes die Geschwindigkeit der von dem zweiten ausgehenden Strahlen um $^1/_{20}$ übertreffen, damit wenn die Aberration dieses letztern 20 wäre, die des erstern auf 19 reducirt würde. Da die allgemeine Aberration 20″4 beträgt, so würde eine Differenz von $^1/_{10}$ Secunde, d. h. $^1/_{204}$ Unterschied zwischen beiden Aberrationen, nur auf einen Unterschied von $^1/_{204}$ zwischen den respectiven Geschwindigkeiten der von den verglichenen Sternen ausgegangenen Lichtstrahlen hinweisen.

Vor einem halben Jahrhundert habe ich selbst durch directe Versuche über die Ablenkungen, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch durchsichtige Körper erleiden, gezeigt, daß das von verschiedenen Fixsternen, der Sonne, dem Monde, den Planeten und mannigfachen irdischen Quellen kommende Licht sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegt, oder daß wenigstens die Unterschiede, wenn solche überhaupt existiren, in keiner Weise die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen beeinträchtigen, bei welchen die Gleichheit der Geschwindigkeit angenommen wird.

Einige Astronomen haben in der Bestimmung des Werthes der Aberration der Fixsterne eine größere Genauigkeit als bis auf $^1/_{10}$ Secunde zu erreichen geglaubt; auch haben sie aus Abweichungen von

dieser Größe, welche die Beobachtung geliefert hatte, den Schluß gezogen, daß es verschiedene Firsterne gäbe, deren zu uns gelangende Lichtstrahlen in ihren Geschwindigkeiten um mehr als $1/_{204}$ abwichen. Ich werde sogleich ein Mittel anzeigen, um diese Schlußfolgerung durch einen indirecten aber entscheidenden Versuch der Prüfung zu unterwerfen [4].

Da die Aberration von der Geschwindigkeit des Lichtes abhängt, so leuchtet ein, daß wenn die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen, aus denen das weiße Licht besteht, sich mit ungleichen Geschwindigkeiten fortpflanzten, jeder dieser Strahlen eine eigenthümliche Aberration erleiden müßte, die ihn von den übrigen trennte; einem kleinen prismatischen Spectrum ähnlich würde der Stern in einer der Fortbewegung der Erde parallelen Richtung stets etwas verlängert erscheinen. Vergessen wir aber nicht, daß ein Unterschied in der Geschwindigkeit von $1/_{20}$ zwischen den rothen und violetten Strahlen erfordert wird, damit das Spectrum die Länge von nur einer Secunde erhält, und daß die Bestimmung einer so kleinen Größe nicht ohne Schwierigkeiten ist. Uebrigens habe ich früher durch die Betrachtung der veränderlichen Sterne bewiesen, daß man zuverlässig annehmen kann, daß die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen sich in den Himmelsräumen mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen (Bd. 11, S. 350).

Elftes Kapitel.

Aberration der Planeten.

Da das von Bradley entdeckte und erklärte Aberrationsphänomen der Firsterne, wie wir gesehen haben, durch die Zusammensetzung der Bewegung der Erde und der Bewegung des Lichtes in dem Augenblicke, wo letzteres in das Fernrohr eintritt, erzeugt wird, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Aberration bei dem von einem Planeten reflectirten Lichte grade ebenso statt finden muß, als bei dem direct von einem Firsterne ausgegangenen, weil beide Arten von Lichtstrahlen dieselbe Geschwindigkeit besitzen; sonach werden also die Oerter der Planeten von der Aberration nach denselben Gesetzen geändert, als die Oerter der in derselben Richtung stehenden Firsterne.

Es gibt aber noch eine andere Ursache, welche die Oerter der Planeten ändert, und die man mit Unrecht als von der durch Bradley entdeckten Aberration abhängig betrachtet hat; ich will dieselbe mit wenigen Worten bezeichen. Ein Planet, der in einem gewissen Augenblick einen bestimmten Ort im Raume einnimmt, sendet nach der Erde hin einen Lichtstrahl. Da dieser Strahl sich in grader Linie bewegt, so besitzt er, wenn er in das Auge des Beobachters gelangt, die Richtung nach dem Orte, welchen der Planet im Augenblicke des Aussendens des Strahles einnahm. Nun hat der letztere eine gewisse Zeit gebraucht, um die Erde zu erreichen; während dieser Zeit rückt aber der Planet infolge seiner eigenen Bewegung eine Strecke weit vorwärts, so daß demnach die Richtung des Lichtstrahles nicht den wirklichen Ort des Planeten, sondern den Ort desselben bei seinem Abgange angibt. Diese Aberration, wenn man sie so nennen will, würde selbst dann stattfinden, wenn die Erde unbeweglich im Raume still stände. Um ihren Werth zu berechnen muß man den Abstand des Planeten von der Erde und die Geschwindigkeit, mit welcher er sich bewegt, kennen; nur auf Kosten der Deutlichkeit haben die Verfasser astronomischer Handbücher oft diese Correction mit der Aberration der Fixsterne vermengt.

Zwölftes Kapitel.

Das Aberrationsphänomen als ein Mittel betrachtet, um den Abstand der Erde von der Sonne zu bestimmen.

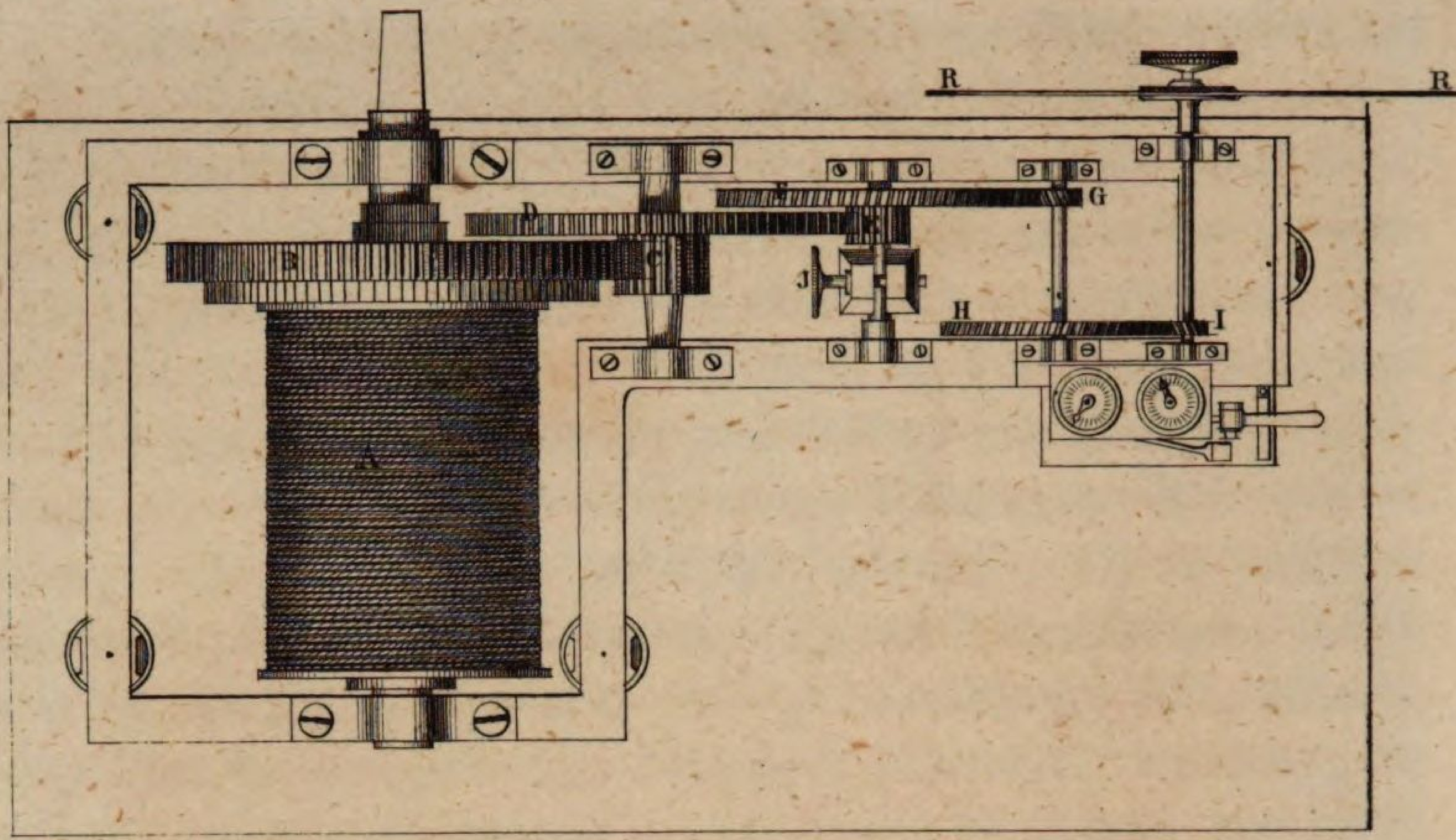
Wir haben gesehen, daß wir den größten Aberrationswinkel durch ein Dreieck erhalten, dessen eine Seite die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn und dessen zweite Seite die Geschwindigkeit des Lichtes darstellt. Dieser größte Aberrationswinkel beträgt dem Frühern gemäß 20″44.

Zwischen diesen drei Größen, dem Aberrationswinkel, der Lichtgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Erde, besteht nun nothwendig ein derartiger Zusammenhang, daß wenn zwei derselben bekannt sind, die dritte stets durch Rechnung daraus abgeleitet werden kann.

Gesetzt man habe auf irgend eine Weise die Geschwindigkeit des Lichtes zu bestimmen vermocht, d. h. denjenigen Raum, durch welchen das Licht in einer Secunde sich fortpflanzt, und es sei zugleich der Aberrationswinkel von 20″44 gegeben, so würde man daraus schließen können, wie groß in Meilen der gradlinige oder fast gradlinige Weg sein muß, den die Erde in einer Secunde in ihrer Bahn zurücklegt. Nun ist dieser Weg aber offenbar proportional dem Halbmesser dieser Bahn oder dem in Meilen ausgedrückten Abstande der Erde von der Sonne. Die Zeit, welche unsere Erde gebraucht, um zu demselben Punkte ihrer Bahn zurückzukommen, ist durch Beobachtungen, welche von der Sonnenparallaxe ganz und gar unabhängig sind, bekannt. Man kann daher, ohne einen Kreisschluß zu machen, den Bogen berechnen, welchen die Erde in einer Secunde durchläuft; aber dieser Bogen, als gradlinig betrachtet, wird proportional dem Abstande der Erde von der Sonne sein. Wir wissen daher, wie groß dieser Abstand sein muß, damit der in einer Secunde durchlaufene Raum zusammengesetzt mit dem Raume, welchen das Licht bei seiner gradlinigen Bewegung in derselben Zeit zurücklegt, einen Aberrationswinkel gebe, wie solcher aus den directen Beobachtungen folgt.

Wenn die diesen Rechnungen zu Grunde gelegte Geschwindigkeit des Lichtes genau ist, so wird sich die entsprechende Geschwindigkeit der Erde und folglich auch der Abstand der Erdbahn von der Sonne mit Genauigkeit herleiten lassen. Aus Versuchen, welche Fizeau nach einem von ihm sehr scharfsinnig ausgedachten Verfahren angestellt hat, ergibt sich, daß wir die Geschwindigkeit des Lichtes aus Beobachtungen auf der Erde bei kleinen Abständen, wie z. B. von Suresnes bis zum Montmartre, zu bestimmen vermögen. Werden diese Beobachtungen mit mechanisch noch vollkommneren Apparaten wiederholt, so wird man einst ohne Paris und seine Bannmeile zu überschreiten jene Parallaxe der Sonne finden können, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts so langwierige, weite, mühselige und kostspielige Reisen veranlaßte.

Ich hoffe, es wird dem Leser nicht unangenehm gewesen sein, an diesem auffallenden Beispiele zu sehen, welchen Vortheil der Fortschritt unserer Kenntnisse einst aus theoretischen Verknüpfungen ziehen



Grundriss der Vorrichtung zur Bewegung des gezähnten Rades.

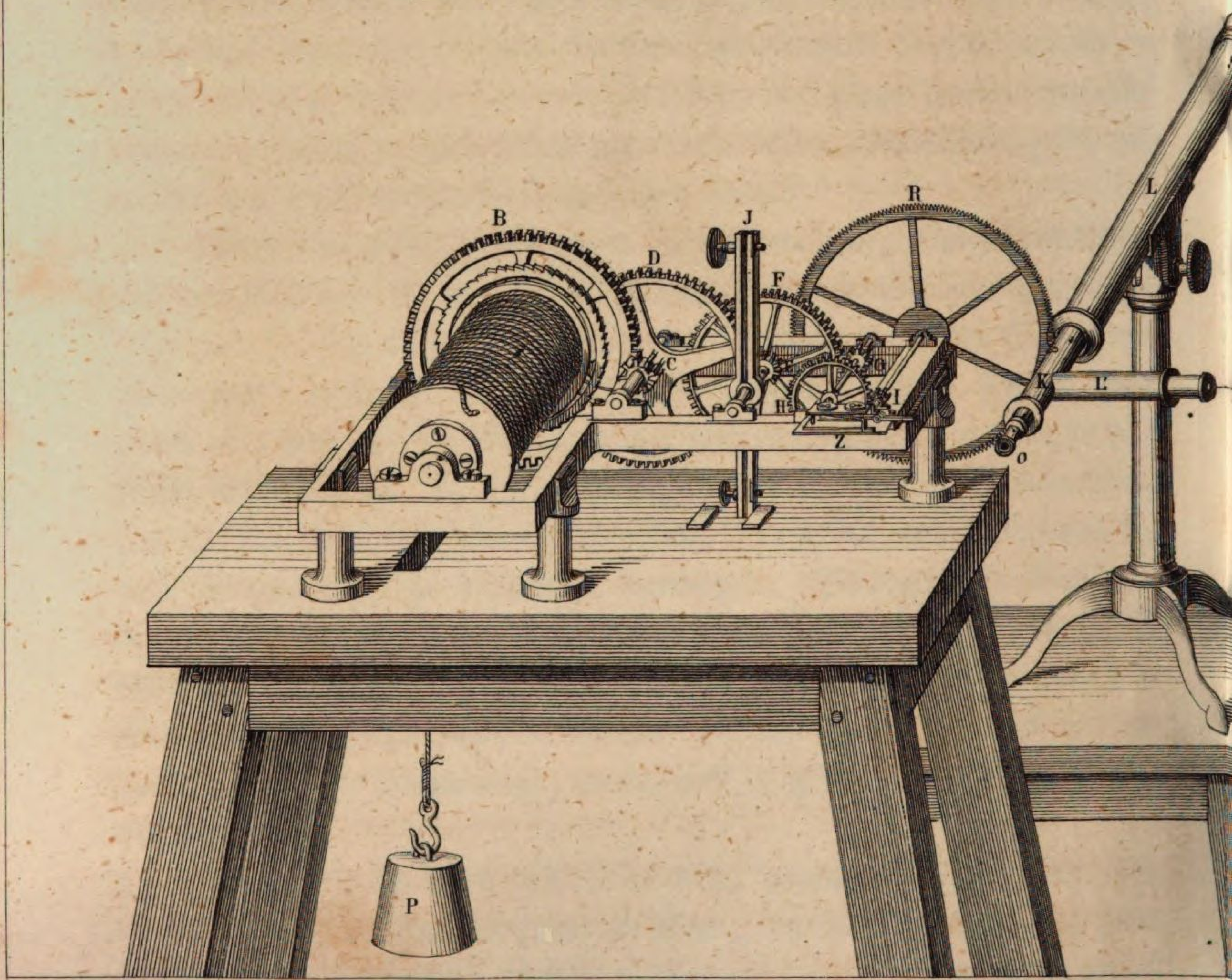
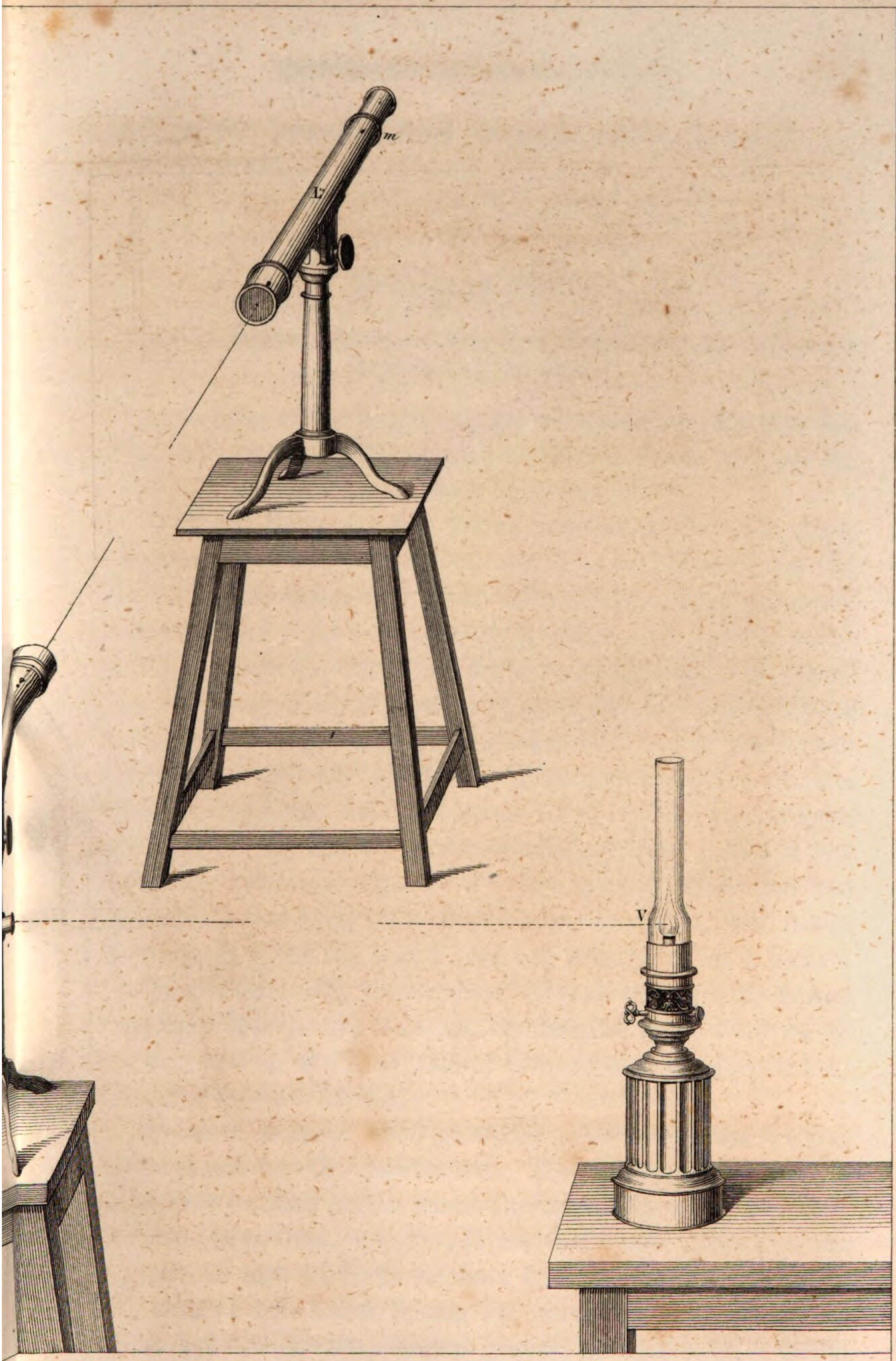


FIG. 339. Fizeau's Apparat zur Messung
bei kleinen Entfern



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

...ssung der Geschwindigkeit des Lichtes
...fernungen auf der Erde.

kann, die für immer dem Reiche bloßer Speculationen angehören zu müssen schienen.

Dreizehntes Kapitel.

Messung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen in geringen Abständen auf der Erde.

Eine nothwendige Ergänzung des vorhergehenden Kapitels bildet die Erläuterung des Verfahrens, wodurch es Fizeau gelungen ist, das eben gestellte scheinbar unlösliche Problem zu lösen.

Nach den fruchtlosen von Galilei angestellten Versuchen mußte es nutzlos erscheinen, weitere Anstrengungen zur Messung der Geschwindigkeit des Lichtes durch directe auf der Erde ausgeführte Experimente zu machen. In dem ersten der Dialogen delle scienze nuove läßt Galilei durch Salviati, eine der redenden Personen, die scharfsinnigen Versuche mittheilen, die er zu jenem Zwecke ausgeführt hatte und zur Entscheidung der Frage für geeignet hielt. Zwei mit Lichtern versehene Beobachter wären in fast $1/2$ Meile Entfernung von einander aufgestellt; einer von ihnen verdeckte zu einer gewissen Zeit sein Licht, und der zweite sollte das seinige augenblicklich bedecken, sobald er das andere nicht mehr wahrnähme. Da aber der erste Beobachter das zweite Licht in dem Augenblicke verschwinden sah, wo er das seinige bedeckte, so schloß Galilei daraus, daß das Licht sich in einem untheilbaren Augenblicke durch den doppelten Abstand der beiden Beobachter fortgepflanzt habe [5]). Aehnliche von den Mitgliedern der Academie del Cimento, aber in drei Mal größern Entfernungen ausgeführte Versuche gaben dasselbe Resultat.

Fizeau ist im Jahre 1849 glücklicher gewesen als seine berühmten Vorgänger im 17. Jahrhundert. Wenn man mit großer Geschwindigkeit ein Rad, das an seinem Umfange gleich weit voneinander abstehende Zähne trägt, umdreht, so wird jeder dieser Zähne eine sehr kurze Zeit, die man jedenfalls berechnen kann, sobald die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades bekannt ist, gebrauchen, um den Raum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen zu durchlaufen. Gesetzt

z. B. ein Rad mache zehn Umdrehungen in einer Secunde, und ein Zahn nehme den tausendsten Theil seines Umfanges ein, so geht offenbar in jeder $^1/_{10000}$ Secunde ein Zahn durch denselben Punkt des Raumes; man würde leicht durch Verzehnfachen der Geschwindigkeit des Rades eine Dauer von $^1/_{100000}$ Secunde für die Zeit, welche zwischen dem Durchgange zweier benachbarten Zähne durch denselben Punkt des Raumes verfließt, finden. Somit sind also sehr kurze völlig meßbare Zeiten gegeben. Man begreift, daß Fizeau durch diese Methode die Zeit in hinreichend kleine Intervalle theilen konnte, in welchen das Licht trotz seiner großen Geschwindigkeit nur ziemlich unbedeutende Strecken zurückzulegen vermochte.

Denken wir uns jetzt, daß ein Lichtstrahl durch den Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen eines rotirenden Rades hindurchgeht, in der Ferne auf einen Spiegel trifft, dort reflectirt wird, und nach demselben Punkte des Raumes, von dem er ausgegangen, zurückkehren will. Man sieht leicht, es wird sich treffen können, daß derselbe auf diesem Rückwege an der Stelle des frühern Zwischenraumes, durch den er hindurchgegangen, einem Zahne begegnet, der ihn auffängt. Man wird also die Zeit erfahren, welche das Licht zu seinem Hin- und Hergange gebraucht hat, weil man die Zeit kennt, welche die Zähne des gedrehten Rades gebrauchen, um die Zwischenräume, durch welche sie getrennt sind, zu durchlaufen.

Das Mittel zur Verwirklichung der eben erwähnten Bedingungen hat Fizeau in dem Systeme zweier Fernröhre L und L'' (Fig. 339 S. 336) gefunden, die dergestalt aufeinander gerichtet sind, daß das Bild des Objectivs eines jeden derselben im Brennpunkte des andern entsteht. Ein Spiegel m ist im Brennpunkte des Fernrohrs L'' angebracht; zwischen dem Brennpunkte und dem Oculare des Fernrohrs L findet sich in K eine durchsichtige unter 45° gegen die Axe geneigte Glasplatte, auf welche die von einer Lampe V ausgehenden und durch ein Fernrohr L' nach K convergirend gemachten Lichtstrahlen auffallen. Ein von V ausgehendes Strahlenbündel convergirt also in K, von wo durch Reflexion ein neues Strahlenbündel ausgeht, das nach seinem Austritte aus dem Fernrohr L einen Cylinder von parallelen Strahlen bildet, der durch das Objectiv des Fernrohrs L'' gegen

dessen Brennpunkt m convergirend gemacht wird; hier wird das Licht von dem daselbst befindlichen Spiegel reflectirt, tritt aus dem Fernrohre L'' aus, gelangt zum ersten L zurück, und läßt durch die Glasplatte K hindurch mittelst des Oculars o das wirkliche Bild des ursprünglichen Lichtbündels wahrnehmen.

Diese Einrichtung hat bei Anwendung von Fernröhren mit nur 6 Centimeter Oeffnung vortrefflich das beabsichtigte Ziel erreichen lassen. Das erste Fernrohr L befand sich in dem Belvedere eines in Suresnes

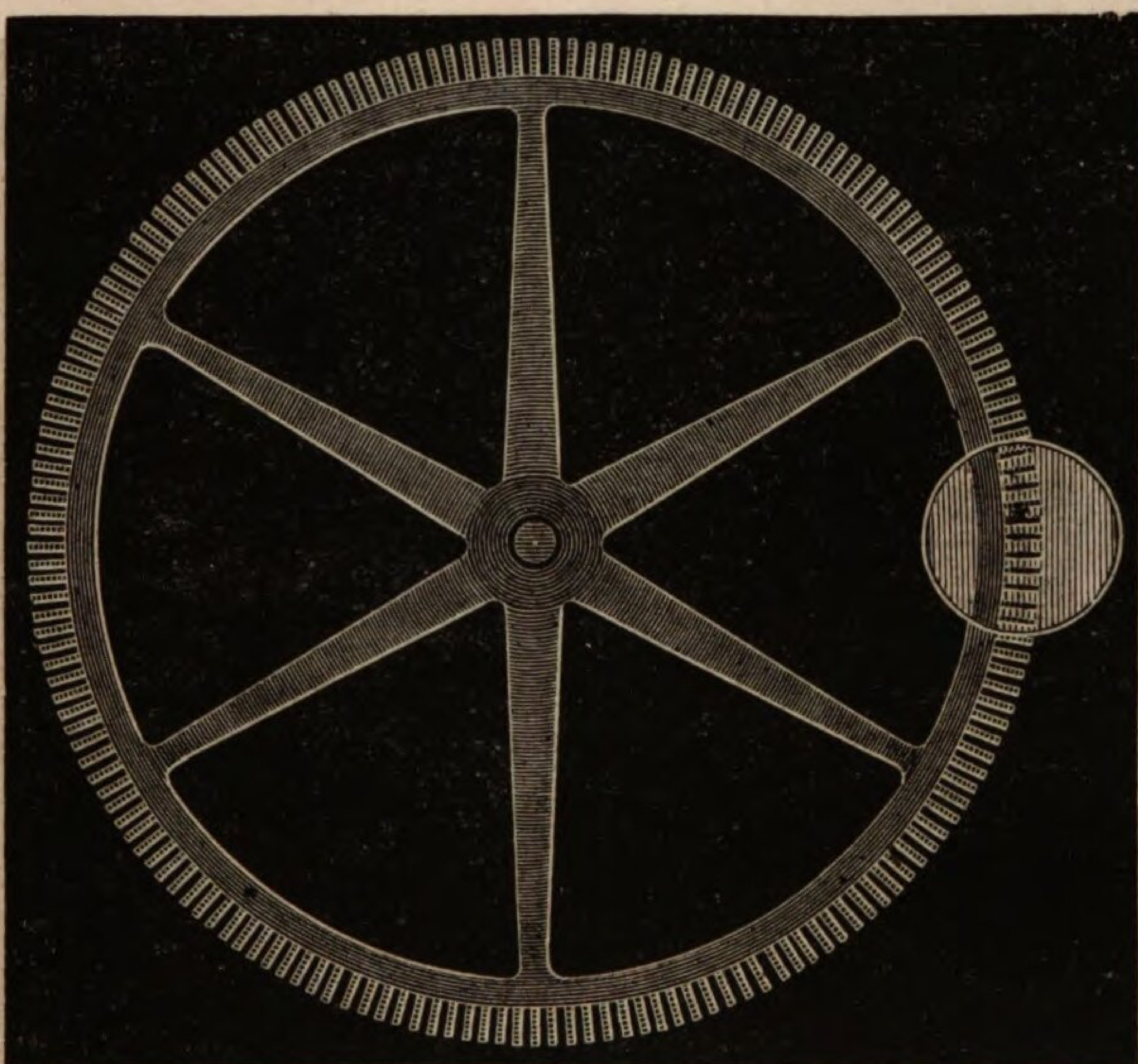


Fig. 340. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades beim Stillstehen des letztern in Fizeau's Apparate.

gelegenen Hauses, das zweite L'' auf der Höhe des Montmartre in einer Entfernung von 8633 Meter. Man sah durch das Ocular einen leuchtenden Punkt, der einem Sterne glich und von dem Lichte gebildet wurde, das von K ausgegangen einen Weg von 17266 Meter zurückgelegt hatte und genau durch diesen Punkt zurückkam, bevor es das Auge erreichte.

Durch denselben Punkt ließ Fizeau die Zähne eines rotirenden Rades R gehen, das vor K durch einen Ausschnitt in das Rohr eintrat.

Das in Umdrehung gesetzte Rad erhielt seine Bewegung von dem Gewichte P, das am Ende eines über die Welle A gewundenen Seiles hing. Mit dieser Welle ist ein gezähntes Rad B verbunden, das in ein Getriebe C eingreift. An diesem Getriebe sitzt wieder ein Zahnrad D, das in ein zweites Getriebe E eingreift, wodurch das mit letzterem zusammenhängende Rad F bewegt wird. Dieses Rad greift wiederum in das Getriebe G ein, welches das Rad H umdreht. Das gezähnte Rad R endlich wird durch den Eingriff des Rades H in das Getriebe

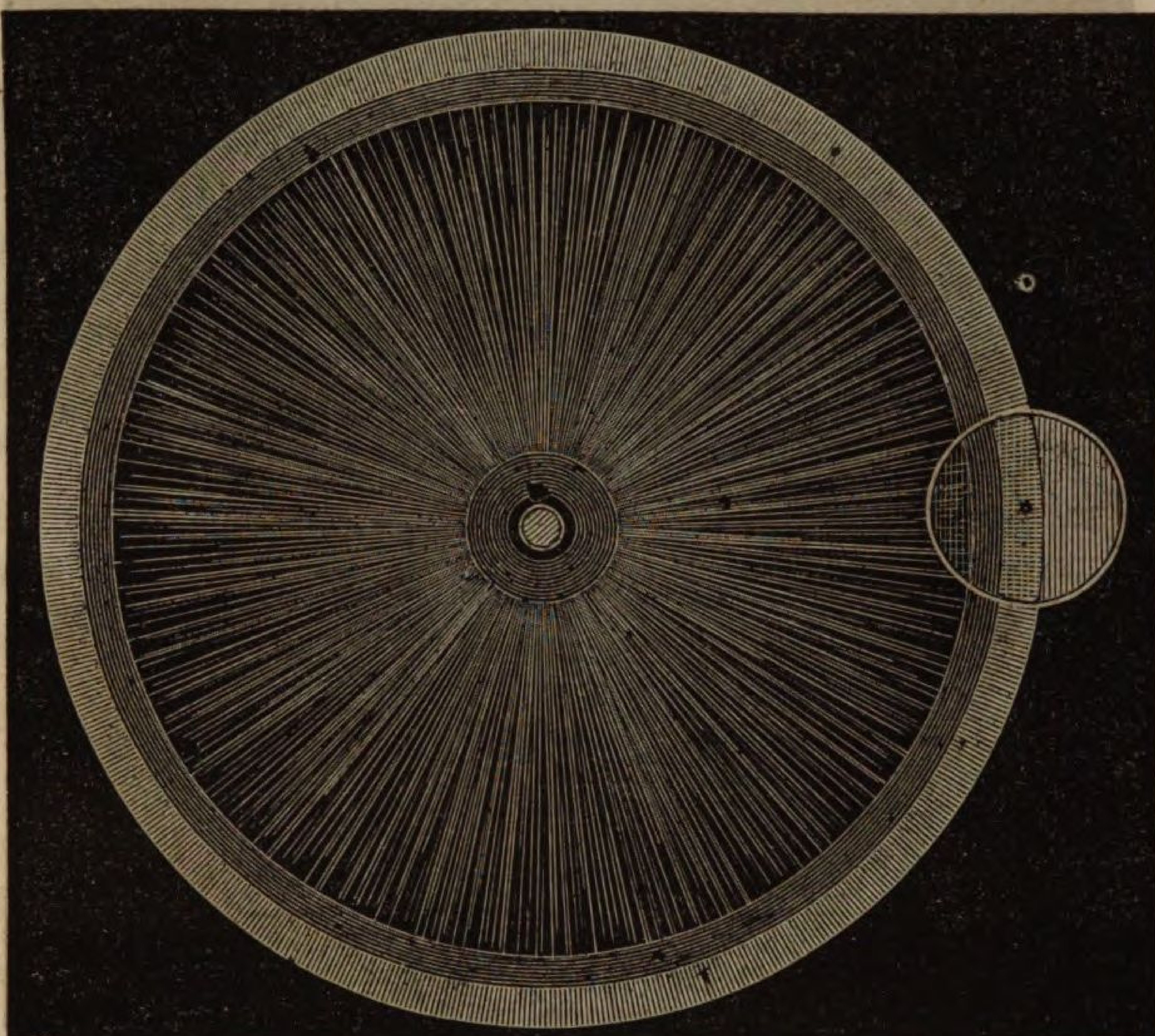


Fig. 341. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während der Umdrehung des letztern vor dem ersten Verschwinden des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate.

I in Umschwung versetzt. Die Bewegung war regelmäßig, da die Zahnräder von Froment mit bekannter Geschicklichkeit helicoïdalförmig construirt waren.

Eine Bremse J, welche durch eine Schraube beliebig angepreßt werden konnte, gestattete die Geschwindigkeit der Umdrehung zu reguliren; dieselbe konnte durch Anhängen eines hinreichend großen Gewichtes außerordentlich gesteigert werden.

Der Versuch gelang sehr gut. Stand das gezähnte Rad still, so sah man den leuchtenden Punkt scharf (Fig. 340); lief dasselbe mit einer gewissen Geschwindigkeit um, so verminderte sich der Glanz desselben (Fig. 341); er verschwand vollständig bei hinreichend großer Geschwindigkeit (Fig. 342). Unter den Umständen, wie der Versuch ausgeführt wurde, trat die erste Verdunkelung ein bei 12,6 Umdrehungen des Rades in einer Secunde. Ward die Geschwindigkeit doppelt so groß, so erglänzte der Punkt von Neuem (Fig. 343); bei drei-

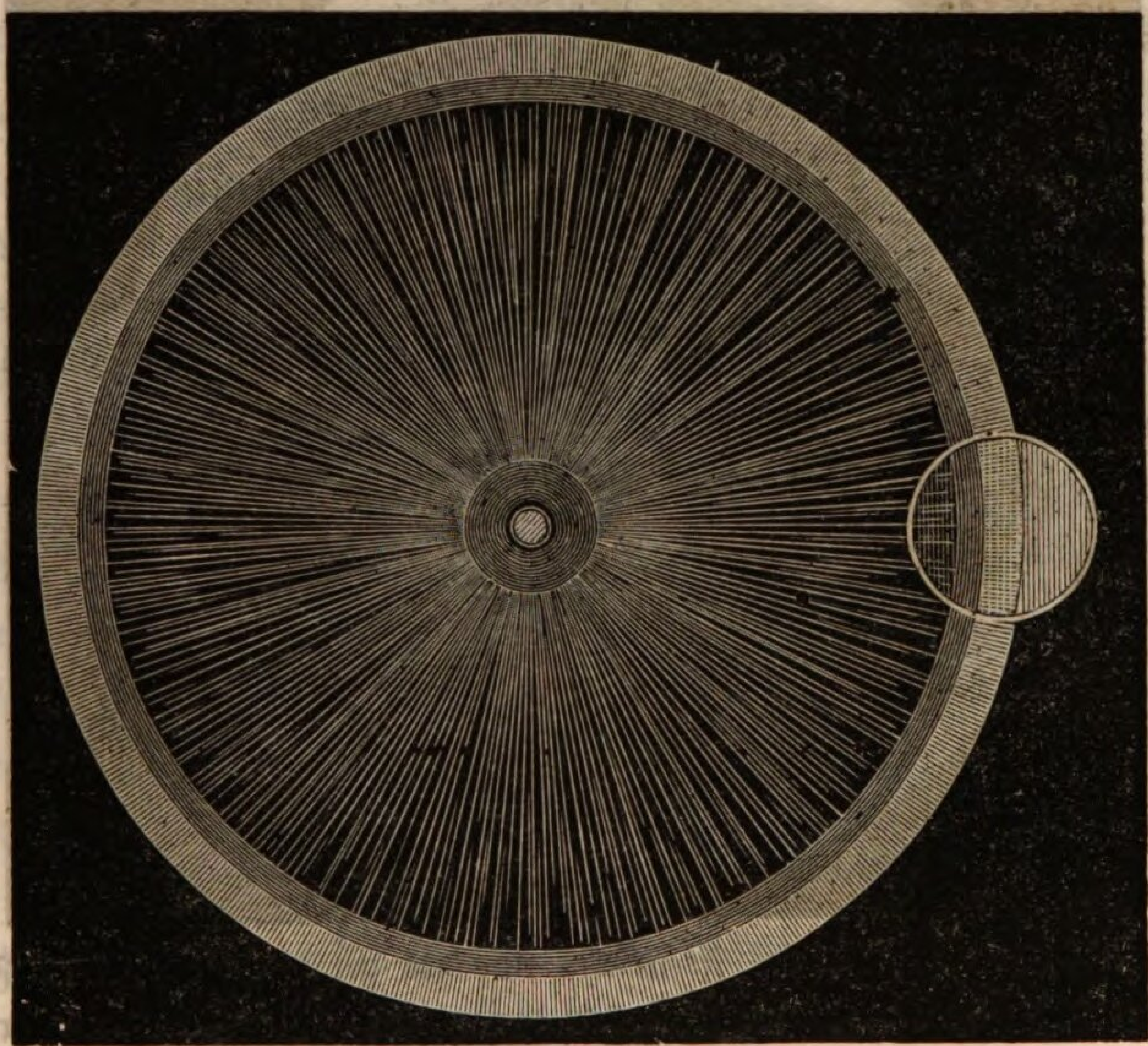


Fig. 342. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während des ersten Verschwindens des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate.

facher Geschwindigkeit erfolgte eine zweite Verdunkelung, während er bei vierfacher wieder aufleuchtete u. s. f.

Es handelt sich nur noch, wie man sieht, um die genaue Ermittelung der Umdrehungsgeschwindigkeit während jedes gänzlichen Verschwindens des leuchtenden Punktes. Dazu diente ein Zähler Z, der mit dem Apparate, sobald derselbe die gewünschte Geschwindigkeit besaß, in Eingriff gesetzt wurde, und die Anzahl der während eines durch ein

Schreibchronometer gemessenen Zeitintervalles gemachten Umdrehungen angab.

Fizeau's erste Versuche haben eine Geschwindigkeit von 315364000 Meter oder 42576 geogr. Meilen geliefert, was nur wenig von dem aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten hergeleiteten Werthe abweicht.

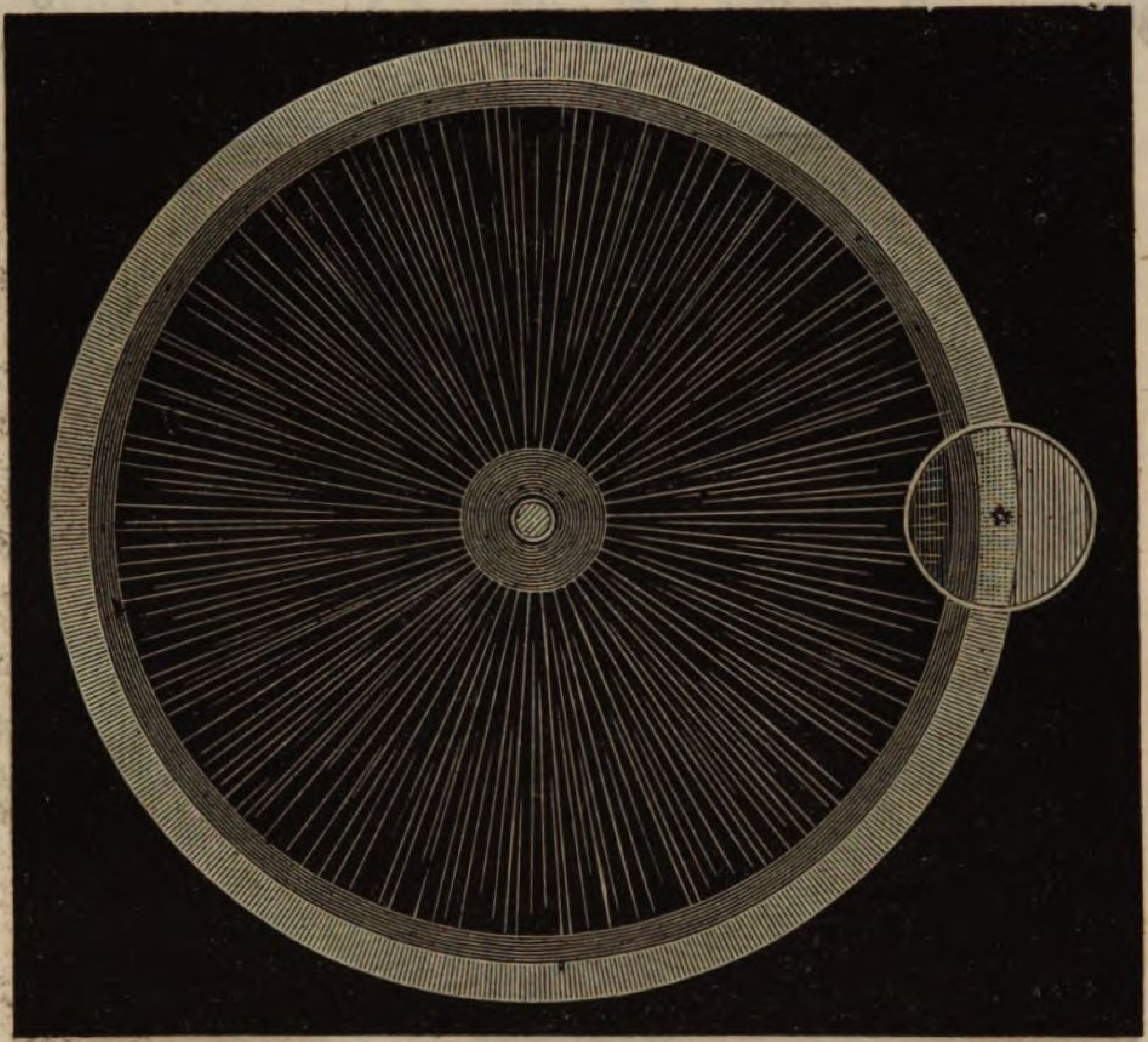


Fig. 343. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades in Fizeau's Apparate bei doppelter Geschwindigkeit von derjenigen, welche das erste Verschwinden erzeugte.

Der große Apparat, der unter Aufsicht der Commissare der Akademie der Wissenschaften construirt worden ist, wird mit aller Genauigkeit, wie sie das Interesse der Wissenschaften erheischt, die Wiederholung von Fizeau's schönen Versuchen gestatten.

Vierzehntes Kapitel.

Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtung der Phasen des Algol.

Im 11. Bd. S. 344 haben wir gesehen, daß Algol oder β im Perseus gewöhnlich zweiter Größe ist, daß aber sein Glanz in einer gewissen Zeit bis zur vierten Größe abnimmt, und dann bis zur zweiten während eines zweiten Zeitraumes von gleicher Dauer wieder steigt. Dieser Firstern ändert seine Helligkeit nicht wie die meisten veränderlichen Sterne allmälich; er bleibt ununterbrochen 2 Tage 13 Stunden hindurch zweiter bis dritter Größe, und braucht 7 bis 8 Stunden um bis zur vierten abzunehmen und zur zweiten bis dritten Größe wieder zurückzukehren, welche Größe er von Neuem fast constant 2 Tage 13 Stunden beibehält. Im 11. Bande S. 350 habe ich angeführt, daß diese Vorgänge nach einigen Vervollkommnungen unserer Messungen über die Lichtintensität der veränderlichen Sterne zu einer directen Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit führen können. Wir wollen jetzt sehen, wie sich die Beobachtungen der Algolphasen zu einer solchen Messung würden verwenden lassen.

Gesetzt es betrüge der Zeitraum, in welchem Algol sich verändert, und der im Laufe der Jahre etwas abnimmt, $3^1/_2$ Stunden, so würde dieser Stern in der Hälfte dieser Zeit von der vierten zur dritten Größe steigen, und also nur 105 Minuten gebrauchen, um seinen Glanz zu verdoppeln. Erfolgte die Veränderung proportional mit der Zeit, so würde jeder Minute eine Zunahme an Helligkeit von $^1/_{105}$ entsprechen; indeß zu der Zeit, wo der Stern dritter Größe ist, geschehen die Veränderungen rascher. Vielleicht erreicht die Aenderung zu dieser Zeit das Doppelte des mittleren Werthes, steigt also bis auf $^1/_{52}$ in der Minute. Eine Aenderung in der Lichtintensität von $^1/_{52}$ ist aber durch das bloße Ansehen zu erkennen; man würde sonach die Zeitpunkte der intermediären Phasen des Algol, die Zeitpunkte des Durchganges dieses Sternes durch die dritte Größe bis auf eine Minute genau bestimmen können. Einige Vervollkommnungen in unsern photometrischen Messungen würden wahrscheinlich diese Grenze bis auf $^1/_2$ oder $^1/_4$ Minute herabsetzen.

Somit wären wir also fast bei der Genauigkeit angelangt, welche die Beobachtungen der Verfinsterungen der drei letzten Jupitersmonde gestatten. Folglich hindert uns Nichts auf die Beobachtungen des Algol dieselben Schlüsse anzuwenden, welche Römer zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit führten. Es ist nur der Unterschied, daß während der berühmte Astronom mit reflectirtem Lichte operirte, es sich jetzt um directes Licht handelt; und daß die Jupitersmonde die Geschwindigkeit des von der Sonne kommenden Lichtes gaben, während die Beobachtungen des Algol die Geschwindigkeit des von einem Firsterne ausgesandten Lichtes kennen lehren würden.

Die Vorgänge, welche sie auch sein mögen, die in der Region des Algol diesen Stern allmälich aus der zweiten Größe in die dritte, oder aus der vierten in die dritte übergehen lassen, werden uns nach Verlauf von so viel Zeit kund, als das Licht gebraucht, um von dieser Region bis zur Erde zu gelangen; denn um die an den Grenzen des Sternenhimmels eingetretene Veränderung wahrzunehmen, müssen wir die Ankunft des Lichtcouriers erwarten, der uns diese Botschaft überbringt. Wir haben also sorgfältig den Zeitpunkt, wo der Stern durch seine Rotation oder durch Zwischenstellung eines undurchsichtigen Körpers u. dergl. thatsächlich dritter Größe wird, von demjenigen zu unterscheiden, wo er für die Erde so erscheint; jener ist der Zeitpunkt des Factums, dieser der Zeitpunkt der Erscheinung desselben für uns.

Setzen wir den Stern und die Erde als ruhend, so wird die Zeit, welche das Licht zur Fortpflanzung durch den Abstand beider braucht, constant bleiben; im entgegengesetzten Falle aber sich ändern. Entfernt sich also die Erde allmälich von dem Sterne, so wird der zwischen dem Vorgange selbst und seiner Erscheinung oder Beobachtung liegende Zeitraum immer größer und größer werden; während das Umgekehrte beim Annähern der Erde statthaben muß.

Da nun die Erde ein Planet ist, so wird sie sich während sechs aufeinanderfolgender Monate von dem Algol entfernen, dagegen in den übrigen sechs sich ihm wieder nähern.

Wir wollen annehmen, daß der Augenblick des Ueberganges des Sternes in dritte Größe an dem Tage eintrete, wo die Erde demselben möglichst nahe steht, und daß wir dann nach sechs Monaten oder

wenn die Erde sich in der größten Entfernung von ihm befindet, dieselbe Phase wieder beobachten. Im Vergleich mit dem Vorgange selbst wird diese zweite Erscheinung später eintreten als die erste, und zwar um die ganze Zeit, welche das Licht zur Fortpflanzung durch den Raum gebraucht, um welchen die Erde sich zwischen dem ersten und dem zweiten Orte weiter von dem Sterne entfernt hat. Zieht man die erste Beobachtung von der zweiten ab, so wird man also als Resultat erhalten die wirkliche Zwischenzeit, welche zwischen den beiden Phasen verflossen ist, vermehrt um die Zeit, welche das Licht zum Durchlaufen des Unterschiedes zwischen dem größten und kleinsten Abstande der Erde vom Algol gebraucht hat.

Wäre die erste Beobachtung bei der größten, und die zweite bei der kleinsten Entfernung der Erde vom Fixstern angestellt, so würde der Zeitunterschied beider gleich sein der wahren Zwischenzeit zwischen den beiden Phasen, aber dies Mal vermindert um die Zeit, welche das Licht gebraucht um die Raumdifferenz zwischen dem größten und kleinsten Abstande zu durchlaufen.

Die Zwischenzeit zwischen zwei wirklichen Phasen des Algol muß in Betracht des unermeßlichen Abstandes von diesem Sterne von der Stellung der Erde in ihrer Bahn gänzlich unabhängig sein; denn bei solchen Entfernungen wird die Wirkung der Erde auf den Stern ganz unmerklich. Die entgegengesetzte Annahme konnte annehmbar erscheinen, als man zuerst die Verfinsterungen der Jupitersmonde, welche der Erde näher stehen, discutirte; hier würde sie bei der ersten Prüfung sich als unhaltbar zeigen. Auf diese Weise wird also die wahre Zwischenzeit zwischen einer Phase des Algol, wo die Erde im geringsten Abstande von ihm steht, und der sechs Monate später, wenn jene Entfernung ein Maximum geworden ist, beobachteten Phase im Mittel der Zeit gleich sein, welche man finden würde, wenn man die Ausgangspunkte verwechselte, d. h. zuerst die Phase im größten und darauf im kleinsten Abstande beobachtete.

Da die wahren Zwischenzeiten zwischen den Phasen gleich sind, so können die beobachteten Zwischenzeiten unter sich nur infolge der Geschwindigkeit des Lichtes differiren. Wir wissen aber jetzt, in sechs Monaten entfernt sich die Erde um eine solche Strecke vom Algol, daß

das Licht zu ihrem Durchlaufen nur 15 Minuten und 12 Secunden gebraucht. In den nächsten sechs Monaten nähern sich beide Körper wieder um dieselbe Größe. Um also die Zwischenzeit zwischen einer in der Nacht des kleinsten und einer zweiten in der Nacht des größten Abstandes der Erde vom Algol beobachteten Phase zu erhalten, würde man 15 Minuten 12 Secunden zu der wahren Zwischenzeit hinzurechnen müssen, falls letztere bekannt wäre. Diese uns unbekannte wahre Zwischenzeit, vermindert um 15 Minuten 12 Secunden, würde den Zeitraum geben, der zwischen den Beobachtungen zweier Phasen, der ersten im Maximum, und der zweiten im Minimum des Abstandes, verfließt. Wenn man aber eine beliebige, bekannte oder unbekannte Zahl diesen beiden Operationen unterwirft, sie also einerseits um 15 Minuten 12 Secunden vergrößert, und andererseits um eben diese Größe vermindert, so werden die so erhaltene Summe und Differenz voneinander um das Doppelte von 15 Minuten 12 Secunden, d. h. um 30 Minuten 24 Secunden abweichen.

30 Minuten 24 Secunden wird also der Unterschied der zwei Reihen von Zeitintervallen zwischen den Phasen des Algol sein, welche beim Maximum und beim Minimum des Abstandes angestellt und auf die angegebene Weise berechnet werden. Diese Größe übersteigt bei weitem die Fehler, denen man bei den Beobachtungen ausgesetzt ist. Sonach scheint es möglich, direct die Geschwindigkeit des von einem Sterne ausgehenden Lichtes zu bestimmen [6]).

Neunundzwanzigstes Buch.

S a t u r n.

Erstes Kapitel.

Aussehen des Saturn. — Seine Bewegung um die Sonne.

Der Planet Saturn ist von jeher bekannt gewesen.

Der Saturn leuchtet am Firmament wie ein Stern erster Größe. Von mittlerem Glanze, zeigt sein Licht niemals eine Spur von Scintillation.

Das ihm beigelegte Zeichen ♄ stellt das unvollkommene Bild einer Sichel vor.

Aus der Langsamkeit seiner eigenen Bewegung oder Ortsveränderung unter den Fixsternen hatte man den richtigen Schluß gezogen, daß dieser Planet, viel weiter entfernt als Mars und Jupiter, an der äußersten Grenze des (früher bekannten) Sonnensystems stehe.

Bei den Aegyptern führte Saturn den Namen des Erscheinenden, in welcher Benennung man eine Anspielung hat erblicken wollen auf die diesem Planeten zukommende Eigenschaft, zur Zeit seiner Conjunctionen aus den Strahlen der Sonne rascher wieder hervorzutreten, als Mars oder Jupiter[1]). Doch ist es zweifelhaft, ob die erwähnte Beobachtung, in Verbindung mit der Langsamkeit der eigenen Bewegung des Saturn, einer so entlegenen Zeit zugeschrieben werden kann, als die ist, in welcher die Bewohner Aegyptens das Bedürfniß empfanden, dem Planeten einen besonderen Namen beizulegen.

Die Griechen gaben auch dem Saturn den Namen der Nemesis und fügten häufig das Beiwort φαίνων, glänzend, hinzu. Von einigen Autoren wird er eine Sonne genannt.

Die indischen Benennungen für unseren Planeten sind 'sanaistschara, 'sani und 'sauri. Nach Bopp's Erklärung bedeutet das erste Wort der Langsam-wandelnde von 'sanais, langsam, und tschara, gehend. Das zweite Wort bedeutet langsam. 'Sauri endlich ist eine Benennung des Gottes Wischnu.

Was wir über die scheinbare Bewegung des Saturn zu sagen haben, ist abgesehen von der Verschiedenheit der numerischen Werthe, die fast wörtliche Wiederholung der Bemerkungen, zu denen uns die am Jupiter beobachteten Ortsveränderungen Anlaß gaben.

Also werden wir in der Stellung des Saturn, verglichen mit der scheinbaren Stellung der Sonne, zunächst die Zustände zu unterscheiden haben, wo der Planet und der Centralkörper nahezu an demselben Orte des Himmels stehen und beide um Mittag durch den Meridian gehen; der Planet ist dann in Conjunction. Wenn der Saturn in seiner Bahn zu dem Punkte gelangt ist, wo er um Mitternacht im Meridian steht, so sagt man, er befinde sich in Opposition. An den Punkten endlich, wo der Planet, bei einem Abstande von ungefähr 90 Graden von der Sonne, um 6 Uhr des Morgens oder um 6 Uhr Abends den Meridian passirt, ist er in Quadratur.

Wenn kurz nach der Conjunction der Saturn einige Zeit vor der Sonne aufgeht, so ist seine Bewegung unter den Fixsternen in ihrem Maximum, und zwar direct, oder in der Richtung von Westen nach Osten. Dennoch ist dabei der Abstand von der Sonne im Zunehmen begriffen, weil die scheinbare Bewegung der letzteren rascher ist als die des Planeten. Nach und nach scheint die Bewegung des Saturn langsamer zu werden, bis zum gänzlichen Verschwinden: der Planet ist dann in der Epoche seines Stillstandes und könnte, unbewaffneten Auges mit den übrigen Sternen verglichen, für einen gewöhnlichen Fixstern gehalten werden.

Dem Stillstande folgt eine rückgängige oder retrograde Bewegung in der Richtung von Osten nach Westen, welche am Tage der Oppo-

sition ihr Maximum erreicht: dieselbe nimmt alsdann ab, bis der Saturn von Neuem stationär wird.

Nach seinem zweiten Stillstande tritt, immer im Vergleiche zu den Sternen, wiederum die directe Bewegung ein, mit allmälicher Steigerung bis zur folgenden Conjunction, worauf im folgenden Jahre dieselbe Reihenfolge der Erscheinungen sich wiederholt.

Der Planet wird stationär, wenn er nach Osten oder nach Westen um 109 Grade vom Punkte seiner Opposition entfernt ist; der Bogen, welcher rückgängig durchlaufen wird, beträgt ungefähr 6 Grade, und die dazu erforderliche Zeit 139 Tage.

Um alle Punkte seiner Bahn zu durchlaufen und den ganzen Kreislauf am Himmel zurückzulegen, mit anderen Worten, um seinen siderischen Umlauf zu vollenden, gebraucht der Saturn 29 Jahre 167 Tage.

Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Conjunctionen verfließt, oder die Dauer des synodischen Umlaufs beträgt 1 Jahr und 13 Tage. Davon kommen auf die directe Bewegung des Saturn 239 Tage, auf die retrograde 139 Tage.

Die Bahn, in welcher sich Saturn bewegt, ist eine Ellipse, deren Ebene mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 2° 29′ 36″ macht.

Die Neigung der Saturnbahn gegen den Erdäquator beläuft sich auf 22° 38′ 44″.

Das Perihel, d. h. das der Sonne am nächsten gelegene Ende der großen Axe der Ellipse, bleibt am Himmel nicht unverrückt: vielmehr ist die große Axe oder Apsidenlinie einer directen Bewegung unterworfen, infolge deren das Perihel successive nach verschiedenen Punkten des Himmels gerichtet ist.

Die Excentricität der Saturnbahn beträgt 0,056 Theile der halben großen Axe.

Die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne ist 9,539, wenn die mittlere Entfernung von Sonne und Erde als Einheit genommen wird; die Periheldistanz ist 9,005: im Aphel ist der Saturn folglich 10,073 mal so weit von der Sonne entfernt, als die Erde.

Die Länge des Perihels ist 89° 8′ 20″, die Länge des aufstei-

genden Knotens 111° 56′ 7″, die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 123° 6′ 29″.

Diese Elemente sind der Mehrzahl nach aus den Tafeln Bouvard's entnommen; die übrigen Angaben sind Folgerungen aus der Theorie der Störungen, deren Berechtigung wir nachgewiesen haben*).

Der Saturn zeigt keine merklichen Phasenunterschiede, was sein beträchtlicher Abstand von der Sonne hinreichend erklärt, ohne daß man auf ein eigenes Licht des Planeten zu schließen braucht. Im dritten Kapitel werden wir beweisen, daß er sein Licht von der Sonne erhält.

Licht und Wärme werden von der Sonne im Verhältniß dessen, welches die Erde empfängt, der Oberfläche des Saturn nur 0,011 Theile mitgetheilt.

Mit der Sonnenmasse verglichen ist die Masse des Saturn gleich $^1/_{3500}$; seine Dichtigkeit beträgt 0,138 von der Dichtigkeit der Erde; das Maaß der Schwere endlich auf seiner Oberfläche ist 1,09, wenn man die Schwere auf der Oberfläche unserer Erde gleich 1 setzt[2]).

Zweites Kapitel.

Von der Größe des Saturn.

Der scheinbare Durchmesser des Saturn ist veränderlich; für den mittleren Abstand des Planeten von der Erde, oder was wegen seiner großen Entfernung von Sonne und Erde dasselbe ist, für den mittleren Abstand des Planeten von der Sonne beträgt der Winkel, unter welchem die Saturnscheibe gesehen wird, nach Struve 17″99. Die Grenzen, zwischen denen der Werth dieses scheinbaren Durchmessers schwankt, sind 15 und 20 Secunden. Es folgt daraus, daß der wahre (mittlere) Durchmesser des Saturn den der Erde um das 9,022fache übertrifft, und daß ferner sein körperlicher Inhalt, unter der Voraussetzung vollkommener Kugelgestalt, 735mal so groß ist als der unserer

*) Siehe in diesem Bande das 4. Kap. des 23. Buchs, S. 16—22.

Erde. Der Aequatorealhalbmesser des Saturn beträgt 57420 Kilometer oder 7753 geographische Meilen.

Fig. 344 stellt das Verhältniß der scheinbaren Größe der Saturnscheibe zur Zeit des größten (A), des mittleren (B) und des kleinsten (C)

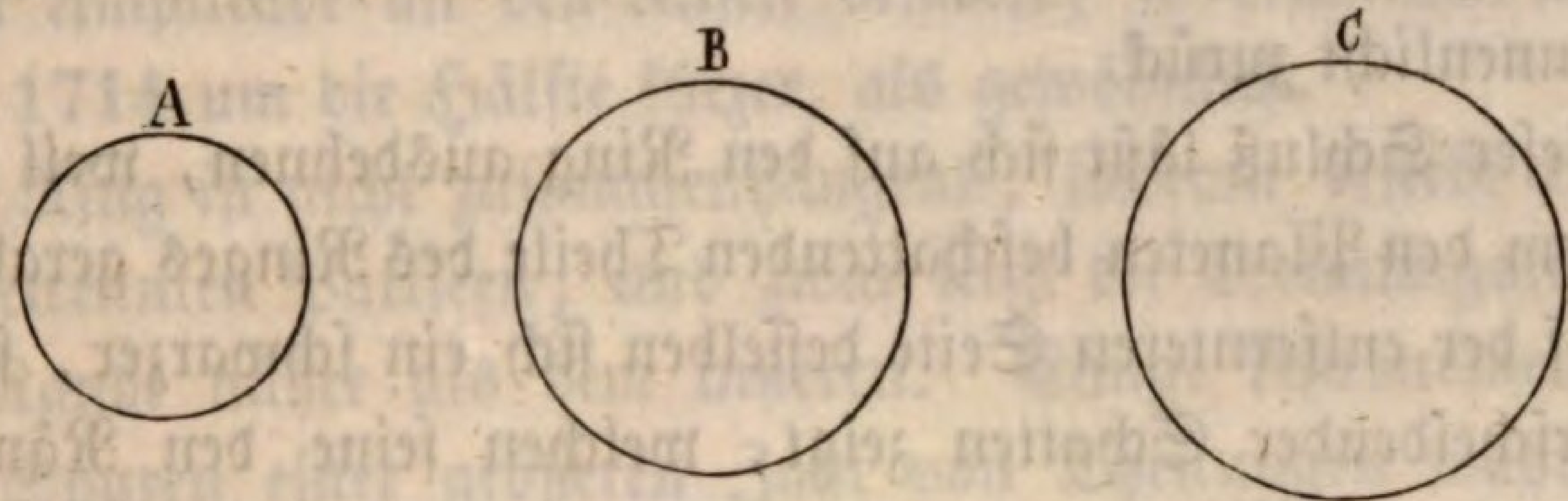


Fig. 344. — Scheinbare Größe der Saturnscheibe je nach der verschiedenen Entfernung des Planeten von der Erde.

Abstandes von der Erde dar; der Maaßstab ist der nämliche (1 Millimeter = 1 Secunde), welcher in diesem Werke bereits für die graphische Darstellung der scheinbaren Größe der Scheiben von Merkur, Venus, Mars und Jupiter gewählt worden ist.

Drittes Kapitel.

Vom Ringe des Saturn.

Am Saturn nehmen wir eine Erscheinung wahr, welche im Sonnensystem einzig dasteht: die den eigentlichen Planetenkörper bildende Kugel ist in einer beträchtlichen Distanz von einem sehr breiten, aber fast ganz flachen Ringe (siehe S. 352 Fig. 345) umgeben, welcher mit der Ebene der Saturnbahn einen gegenwärtig ungefähr 28° betragenden Winkel bildet. Folglich kann dieser Ring unter keinen Umständen sich einem auf der Erde befindlichen Beobachter ganz geöffnet zeigen; er erscheint stets elliptisch und in einer Dimension von veränderlicher Breite, so daß die scheinbare kleine Axe der Ringellipse die Hälfte seines größten Durchmessers niemals übersteigt.

Von der Erde aus gesehen scheint ein Theil des Ringes vor dem Planetenkörper zu liegen, wogegen nach der entgegengesetzten Seite der Saturn sich auf den Ring projicirt und einen Theil desselben verdeckt.

In der Nähe der Gegend, wo der Ring vor dem Planeten vorbeigeht, bemerkt man auf der Oberfläche des letzteren einen Schattenstreifen, welcher offenbar dadurch entsteht, daß das Licht der Sonne von der dazwischenliegenden dichen Materie des Ringes aufgehalten wird. Der Planet besitzt folglich kein eigenes Licht, sondern strahlt nur das reflectirte Sonnenlicht zurück.

Dieser Schluß läßt sich auf den Ring ausdehnen, weil analoger Weise dem den Planeten beschattenden Theile des Ringes gerade gegenüber, auf der entfernteren Seite desselben sich ein schwarzer, sehr leicht zu unterscheidender Schatten zeigt, welchen seine den Rändern der schattenwerfenden Planetenkugel parallele Form charakterisirt.

In der Mehrzahl unserer Fernröhre verschwindet der Ring gänzlich, wenn die Fortsetzung seiner Ebene durch die Erde geht, weil der Winkel seiner schmalen Seite zu klein ist, um auf unsere Augen eine merkliche Wirkung auszuüben. Indessen bleibt das von der Kante reflectirte Licht noch wahrnehmbar, wenn man Teleskope von der Stärke der William Herschel'schen anwendet. Der Ring verschwindet ferner ebenfalls, wenn er in derselben Ebene mit der Sonne steht, indem die Strahlen der letzteren alsdann an der breiten Fläche des Ringes so zu sagen blos hingleiten, ohne ihr die Fähigkeit zu verleihen, Licht zurückzustrahlen. Endlich tritt zwischen den beiden erwähnten, von einander nicht weit entfernten Epochen ein dritter Zustand des Verschwindens ein, wenn nämlich die verlängerte Ringebene eine solche Stellung zwischen Erde und Sonne einnimmt, daß nur die eine uns nicht sichtbare Seite seiner Oberfläche beleuchtet wird.

Da während der Umlaufsbewegung des Saturn um die Sonne die Ringebene sich beständig parallel bleibt, so ist klar, daß die Stellungen, in denen der Ring verschwindet, d. h. der Durchgang seiner Ebene durch das Sonnencentrum, sich während der Dauer einer Umdrehung des Planeten um die Sonne zweimal wiederholen müssen, und folglich etwa alle funfzehn Jahre wiederkehren.

In der vorstehenden Darstellung haben wir überall von der Ebene des Ringes gesprochen; indessen kann diese Benennung keineswegs als vollständig genau angesehen werden, denn so oft man das Verschwinden des Ringes beobachtet hat, ist der eine Henkel früher un-

sichtbar geworden, als der andere, welcher noch mehrere Tage nach dem vollständigen Verschwinden des ersteren wahrgenommen werden konnte. Dasselbe Phänomen zeigt sich beim Wiedererscheinen des Ringes. Zuweilen hat man selbst zur Zeit der runden Phase eine Abnahme der Amplitude an den Ansen bemerkt; so erschienen sie z. B. im Jahre 1714 um die Hälfte kürzer, als gewöhnlich.

Der Ring ist nicht zusammenhängend, sondern besteht aus zwei deutlich getrennten Partieen, und zwar liegt die Trennungslinie dem äußeren Rande näher als dem inneren. Einige Astronomen haben zuweilen Spuren einer größeren Zahl von Theilungen wahrgenommen, woraus man auf die Existenz von vier oder fünf concentrischen, nahe in derselben Ebene liegenden Ringen schließen zu dürfen geglaubt hat.

William Herschel hat durch Beobachtungen von außerordentlicher Feinheit im Jahre 1790 dargethan, daß der Ring oder die Ringe sich um ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt in 10 St. 32 Min. 15 Sec. drehen, welches Resultat übrigens, um es beiläufig zu bemerken, mit den Erscheinungen schwer in Einklang zu bringen zu sein scheint, welche die beiden Henkel oder Ansen des Ringes zur Zeit seines Verschwindens oder seines Wiedererscheinens darbieten [3]).

Im Ganzen betrachtet besitzt der Ring ein intensiveres Licht, als der Körper des Planeten, und wenn man blos die beiden getrennten Theile vergleichen will, aus denen der ganze Ring besteht, so ist der äußere Ring beträchtlich weniger hell als der innere.

Beobachtungen, deren Genauigkeit nicht wohl zweifelhaft sein kann, haben gezeigt, daß der Mittelpunkt des Ringes mit dem des Planeten nicht genau zusammenfällt [4]). Uebrigens ist diese Excentricität außerordentlich gering: der Planet hat dem westlichen Rande des inneren Ringes stets etwas näher geschienen, als dem östlichen.

Folgende Zahlen geben in Secunden ausgedrückt die Dimensionen des Ringes und der hauptsächlichsten Theile, aus denen er besteht, für die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde, mit anderen Worten, für seinen mittleren Abstand von der Sonne.

Aeußerer Durchmesser des äußeren Ringes	40"09
Innerer Durchmesser des äußeren Ringes	35,29

Aeußerer Durchmesser des inneren Ringes	34"47
Innerer Durchmesser des inneren Ringes	26,67
Breite des äußeren Ringes	2,40
Breite der Theilung zwischen beiden Ringen	0,41
Breite des inneren Ringes	3,90
Abstand zwischen dem Saturn und dem inneren Rande des Ringes	4,34

Diese Dimensionen führen zu der Folgerung, daß der äußere Durchmesser des äußeren Ringes 38325 geographische Meilen beträgt, der innere Durchmesser desselben 33728 Meilen; ferner sind der äußere und innere Durchmesser des inneren Hauptringes bezüglich 32955 und 25490 Meilen. Für die Breite des äußeren Ringes ergibt sich hieraus der Werth von 2299 Meilen, für die Breite des inneren 3733 Meilen. Die Entfernung der beiden Ringe voneinander beträgt 387 Meilen, die ganze Breite des doppelten Ringes 6418 Meilen, und endlich der Zwischenraum zwischen dem inneren Rande des Ringes und der Oberfläche des Planeten 4992 Meilen. Die Dicke der Ringe scheint übrigens 50 geographische Meilen (100 lieues) nicht zu übersteigen. Fig. 346 (Seite 352) zeigt das Bild des Saturn und seines doppelten Ringes für einen in der Richtung der Axe des Planeten befindlichen Beobachter.

Im Vorstehenden ist die Darstellung dessen enthalten, was die Astronomen durch die Erforschung des Saturnringes mit Hülfe der größten Fernröhre ermittelt haben. Wir müssen jetzt anführen, daß zu diesen früher beobachteten Erscheinungen in der neuesten Zeit höchst auffällige Thatsachen hinzugekommen sind, in denen es schwer scheint, nicht das Resultat neuer Schöpfungen zu erblicken, welche ihrerseits zu der Folgerung zu leiten scheinen, daß das System des Saturn in seiner Gesammtheit noch heute der Schauplatz materieller Umwälzungen ist, von denen wir uns nur schwer eine Vorstellung machen können. Folgendes ist eine kurze Uebersicht über die von den Herren Bond, Astronomen der Harvard-Sternwarte bei Cambridge in den Vereinigten Staaten gemachten Beobachtungen.

Die ersten Beobachtungen von G. P. Bond datiren vom 11. November 1850. An diesem Tage bemerkte Bond einen Lichtschein inner-

halb des alten Ringes, welcher eine scharfe Grenze zu haben schien, bevor er den Körper des Planeten erreichte.

Am 15. November untersuchte W. C. Bond den Saturn mit verschiedenen Ocularen, unter anderen mit einer 400maligen Vergrößerung, und nahm deutlich dasselbe Phänomen wahr: der neue Ring erschien gut begrenzt und berührte mit seinem Rande den Planeten. Der Beobachter glaubte, daß der neue Ring mit dem alten nicht zusammenhing, doch ohne es sicher behaupten zu können. Der neue Ring ließ sich vor dem Körper des Planeten verfolgen.

Mit verschiedenen Vergrößerungen zwischen 140 und 400 konnte G. P. Bond sich nicht überzeugen, ob der neue Ring vom alten getrennt war, oder nicht, doch sah er den inneren Rand scharf begrenzt.

W. C. Bond glaubte endlich mehrere Male mit beträchtlichen Vergrößerungen eine Trennung des neuen Ringes vom alten zu bemerken.

Die von den Herren Bond angestellten Messungen gaben 2″3 ür die Breite des äußeren, und 1″5 für die des neuen Ringes.

Am 7. Januar hatten die amerikanischen Astronomen eine völlige Bestätigung aller vorhergehenden Beobachtungen.

Diesen Einzelheiten müssen wir dasjenige hinzufügen, was in England fast unter demselben Datum wahrgenommen wurde.

Am 3. December 1850, bei einem Herrn Dawes in Wateringbury abgestatteten Besuche richtete Herr Lassell einen Refractor von Merz, mit 6½ Zoll Oeffnung und einer nicht ganz dreihundertfachen Vergrößerung auf den Saturn, und bemerkte eine Art von Lichtschleier, welcher an beiden Henkeln die Hälfte des zwischen dem inneren Rande des alten Ringes und der Oberfläche des Planeten enthaltenen Zwischenraumes bedeckte. Hind in London nahm dieselbe Erscheinung wahr, nachdem ihm Lassell seine Beobachtung mitgetheilt hatte. Endlich sah Dawes selbst am 3. December den neuen Ring, und bemerkte eine etwas dunkle, aber nicht ganz schwarze Trennung zwischen seinem dem Planeten abgekehrten Rande und dem inneren Rande des alten Ringes.

Diese Beobachtungen wurden von Dawes mit Vergrößerungen zwischen 300 und 600 angestellt.

Viertes Kapitel.

Historisches über die Entdeckung des Saturnringes.

Galilei versäumte nicht, sobald es die Umstände gestatteten, seine Fernröhre auf den Saturn zu richten, aber die Schwäche seiner Instrumente bereitete ihm eine große Verlegenheit. Aus einem Briefe Galilei's an den Großherzog von Toscana wissen wir, daß Saturn ihm dreifach (tergeminus) erschien. Die Bedeutung dieses Ausdrucks findet sich deutlich erklärt in einem an Giugliano de Medicis, den großherzoglichen Gesandten beim Kaiser von Oestreich, gerichteten Briefe vom 13. November 1610. Galilei schreibt: „Wenn ich den Saturn mit einem Fernrohre von mehr als 30facher Vergrößerung beobachte, so erscheint in der Mitte der größte Stern; die beiden anderen liegen der eine westlich, der andere östlich auf einer Linie, welche mit der Richtung des Thierkreises nicht zusammenfällt, und scheinen den Centralstern zu berühren. Sie kommen mir vor, wie zwei Diener, welche dem alten Saturn beistehen, seinen Weg zurücklegen, und nicht von seiner Seite weichen. Durch ein Fernrohr von geringerer Vergrößerung erscheint der Stern länglich und von der Gestalt einer Olive."

In einem Briefe an Castelli, vom 30. December 1610, spricht Galilei aus, daß Saturn aus drei Sternen, deren gegenseitige Stellung sich nicht ändere, zusammengesetzt sei.

Es kam eine Zeit (im Jahre 1612), wo die beiden Seitensterne dem Auge Galilei's sich nicht mehr zeigten, und der Planet ihm vollkommen rund erschien. Dieser Umstand entmuthigte ihn, wie es scheint, im höchsten Grade, und brachte ihn bis zu dem Verdachte, daß bei allen seinen früheren Beobachtungen in den Gläsern seiner Fernröhre die Ursache zu einer Täuschung gelegen habe, wodurch scheinbar in einen wirklichen Gegenstand verkehrt worden, was nur ein Trugbild gewesen sei. Den Ausdruck dieser Entmuthigung findet man in einem Briefe an Velser, aus dem Jahre 1612. Gewiß ist, daß von dieser Zeit an Galilei sich mit dem Saturn nicht mehr beschäftigt hat.

Hevel widmete sich mit großer Aufmerksamkeit der Beobachtung des Saturn. Im Jahre 1646 gestand er freimüthig, wie er von den

Phänomenen, welche der Planet zeigte, Nichts begreife. Auch er neigte sich einen Augenblick zu dem Glauben, daß diese Erscheinungen nur zufälliger Natur seien und von vorübergehenden Ursachen herrührten. Endlich, im Jahre 1656, blieb der danziger Astronom bei der Vorstellung stehen, daß Saturn aus drei Theilen gebildet sei, von denen der mittlere eine elliptische Gestalt besitze, während die beiden Seitenkörper keine sphärische Form haben könnten, sondern aus sichelförmigen oder halbmondähnlichen Körpern mit hyperbolischer Krümmung beständen, welche mit ihren Spitzen unveränderlich an dem, im Uebrigen durch einen masseleeren Zwischenraum getrennten Mittelkörper anhafteten. Die runde Phase des Planeten erklärte er sich durch die Voraussetzung einer Rotationsbewegung der beiden halbmondförmigen Saturnbegleiter, vermöge deren der eine zuweilen vor, der andere hinter die Scheibe des Hauptkörpers träte.

Im Jahre 1659 veröffentlichte Huygens die Resultate der zahlreichen Beobachtungen, welche er mehrere Jahre zuvor mit einem selbstconstruirten 21füßigen Teleskope angestellt hatte [5]). Das Verschwinden der Henkel, das für Galilei eine Ursache zur Entmuthigung gewesen, wurde für Huygens 1656 der Prüfstein seiner Theorie und bewies ihm, daß er die Wahrheit gefunden hatte. Trotz ihrer Evidenz fand die Erklärung von Huygens anfänglich nicht allgemeinen Anklang. Riccioli unter Anderen glaubte zwar, daß der Saturn von einem flachen Gürtel umgeben sei, welchen er aber an zwei Punkten mit dem Planeten zusammenhängend annahm [6]).

Gallet in Avignon, sonst durch einige recht feine Bemerkungen nicht unvortheilhaft bekannt, behauptete, daß die Erscheinungen am Saturn keine Realität besäßen und durch die Wirkung der Reflexion des Lichtes an convexen Oberflächen zu erklären wären. Man ist in der That verwundert, wie ein in einiger wissenschaftlichen Achtung stehender Mann eine derartige Ansicht dem öffentlichen Urtheil anheimgeben konnte.

Huygens hatte in seiner Schrift Systema Saturnium für die Neigung der Ringebene gegen die Ebene der Ekliptik den Winkel von $23^1/_2$ Grad angegeben. Spätere, in Gemeinschaft mit Picard 1668 angestellte Beobachtungen führten ihn auf eine seiner Ansicht nach

weit genauere Bestimmung, wonach der Werth jenes Winkels ungefähr 31° betragen sollte.

Um die Neigung des Ringes gegen die Ebene der Ekliptik zu bestimmen, wenn die Lage der Durchschnittslinie der beiden Ebenen bekannt ist, ist es hinreichend, das Verhältniß der beiden Axen der Ellipse zu kennen, unter der sich der Ring dem Beobachter zeigt. Leider haben die in früheren Zeiten angestellten mikrometrischen Messungen dieser beiden Axen nicht die volle wünschenswerthe Genauigkeit. Wenn man aber bedenkt, daß die Fernröhre der alten Beobachter ihnen weit kleinere Größen wahrnehmbar machten, als welche ihnen ihre Mikrometer zu messen gestatteten, so kann man aus ihren Beobachtungen den Zeitpunkt zu bestimmen versuchen, wo der Durchmesser des Planeten dem des Ringes gleich war; in diesem Falle kann man den Polardurchmesser des Saturn, wie ihn die neueren Beobachtungen geben, für den fraglichen Querdurchmesser des Ringes nehmen. Dieser kleine Durchmesser wird dann, in Verbindung mit dem aus den Beobachtungen unserer Zeit gefolgerten Werthe des größten Durchmessers, die Neigung der Ringebene für jene entlegenen Zeiten zu berechnen gestatten, wo die Gleichheit der die Planetenpole verbindenden Linie mit der kleinen Axe der Ellipse, deren Werth alsdann für genau gemessen angesehen werden kann, bemerkt worden ist. Wendet man diese Rechnung auf die Beobachtungen Picard's und einiger anderen Astronomen an, so wird sich ergeben, ob die Annahme einer constanten Neigung der Ringebene erlaubt ist.

Auzout ist soviel ich weiß der Erste, welcher im Jahre 1662 den Schatten des Saturn auf dem Ringe wahrgenommen hat*).

Der Ring, hat man behauptet, kann der unvermeidlichen Zerstörung, welche die Wirkung der Attraction des Planeten herbeiführen müßte, nur durch eine Rotationsbewegung entgehen; allein wenn der Ring oder die Ringe vollkommen kreisrund wären und den Mittelpunkt des Saturn zu ihrem eigenen Mittelpunkte hätten, so würde der Gleichgewichtszustand nicht stabil sein; es ist deshalb das gleichzeitige Stattfinden einer Excentricität und einer Umdrehungsbewegung

*) Siehe die Mémoires de l'Académie des sciences, Bd. VII, S. 11.

zur Erhaltung des Ringes nothwendig. In der That ist diese Excentricität durch directe Beobachtungen nachgewiesen.

Es ist gewiß, daß die excentrische Lage des Saturnkörpers in Bezug auf den Ring bereits im Jahre 1684 von Gallet in Avignon angezeigt wurde. Bei seiner östlichen Quadratur, sagt der erwähnte Astronom, scheint der Mittelpunkt des Planeten dem östlichen Rande des Ringes näher zu stehen. Die Ursache glaubte er, allerdings mit Unrecht, in einer Wirkung der jährlichen Parallaxe zu erblicken*) [7].

Ohne die so weit zurückreichende Beobachtung des französischen Astronomen zu kennen, machte Schwabe in Dessau dieselbe Bemerkung am 21. December 1827. Der dunkle zwischen dem Saturnringe und dem Planeten liegende Raum schien ihm im Osten der Scheibe breiter als westlich von derselben. Harding, dem diese Wahrnehmung mitgetheilt wurde, fand sie bestätigt, und schrieb darüber an Struve, welcher am großen dorpater Refractor den Unterschied der beiden dunklen Räume mittelst eines guten Fadenmikrometers zu bestimmen unternahm. Er fand, daß der Abstand im Osten die westliche Distanz um 0″,21 übertraf, auf die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde reducirt.

James South und John Herschel erhielten durch ihre Messungen eine Differenz in demselben Sinne, aber kleiner als die aus den Beobachtungen von Struve abgeleitete.

Im Jahre 1675 gewahrte Cassini durch ein 34füßiges Fernrohr den dunkeln Streifen, welcher den Rändern parallel den Ring in zwei Theile von verschiedener Helligkeit scheidet. „Der innere Theil," sagte der große Beobachter, „ist sehr hell, der äußere dagegen etwas dunkler, so daß die Verschiedenheit etwa an die Farbe des matten und polirten Silbers erinnert**)."

Schon vorher, am 29. Juni 1666, hatte Hooke ausgesprochen, daß der Ring im Ganzen (von dem schwarzen Streifen ist nicht die Rede) heller sei, als der Planet***).

---

*) Journal des Savants, 12. Juni 1684.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, Bd. X, S. 583.

***) Philosophical Transactions, Bd. I, S. 247.

Den Beobachtungen Cassini's über die ungleiche Intensität des Lichtes des äußeren und inneren Ringes fügte Herschel die Bemerkung hinzu, daß der innere Ring auf seiner ganzen Breite nicht gleich hell ist. „Von der Mitte an," sagt der geschickte Astronom, „ändert sich Farbe und Helligkeit, so daß bei allmälicher Abnahme der Ring an seiner inneren kreisförmigen Begrenzung nur noch die Intensität und die Farbe etwa der dunkeln Streifen der Planetenscheibe besitzt."

Wir schließen hier den Auszug eines der Akademie der Wissenschaften vorgelegten Memoires von de Vico aus dem Jahre 1842 an: „Eines Abends hatte ich das Cauchoix'sche Fernrohr auf Saturn gerichtet, dessen Ring sich in seiner glänzendsten Helligkeit zeigte, während der Körper des Planeten nicht allein von seinem gewöhnlichen Lichte verloren hatte, sondern mit einem so düsteren, aschenfarbigen Scheine glomm, daß es etwas Unheimliches hatte. Der Himmel war sehr rein, und die Erscheinung dauerte, so lange Saturn über dem Horizonte stand. Von dieser Zeit an haben die römischen Astronomen den Saturn nicht aus dem Gesichte verloren, und die Ueberzeugung gewonnen, daß der Glanz und die Farbe des Planetenkörpers im Vergleiche mit dem hellen Glanze des Ringes sehr veränderlich sind."

In seinem Leben Clarke's erzählt Whiston, daß dessen Vater eines Tages einen Stern in dem schwarzen Zwischenraume zwischen dem inneren Rande des Ringes und dem benachbarten Planetenrande erblickte. Wenn diese Beobachtung sicher wäre, so würde sie den mathematisch strengen Beweis liefern, daß dieser dunkle Zwischenraum von jeder undurchsichtigen Materie frei ist*) [8].

Wie läßt sich darthun, daß auch die schwarzen Streifen, welche den Ring theilen, leere Räume, und nicht vielmehr den Streifen auf der Jupiterscheibe vergleichbar, nur dunkler als dieselben sind?

Um diese Frage zu beantworten braucht man in der That nicht den Fall abzuwarten, wo diese Streifen vor Firsternen vorübergehen, denn dieses sehr seltene Zusammentreffen würde äußerst kurze Zeit dauern: allein der Durchgang des Saturn durch die Milchstraße kann

---

*) Man sehe die Optik von Smith, S. 440.

hinlängliche Aufklärung über diesen Punkt liefern. Man wird dann sehen, ob wenn die Streifen sich vor den weißen Flecken befinden, an denen diese Region des Himmels so reich ist, ihr Aussehen von der Farbe des tiefen Schwarz, welches sie gewöhnlich zeigen, etwas abweicht. Die bereits von Cassini und besonders von Maraldi gemachte Bemerkung, daß der Streifen auf den beiden Flächen des Ringes in derselben Distanz vom äußeren Rande existirt, hat offenbar nicht volle Beweiskraft, weil die unbekannte physische Ursache, von welcher die Streifen herrühren, in beiden Fällen auf dieselbe Weise wirken muß [9]).

Es ist vielleicht nicht überflüssig, wenn ich bei dieser Gelegenheit daran erinnere, daß die Entdeckung des äußeren schwarzen Streifens, welcher den Ring in zwei Theile scheidet, irrthümlich Herschel zugeschrieben wird: die beiden oben angeführten Mitglieder der Akademie der Wissenschaften haben fast ein Jahrhundert Priorität. Mit Unrecht haben demnach einige Astronomen sich gewöhnt, den Streifen zwischen den beiden Ringen des Saturn die Herschel'sche Theilung zu nennen. Im Jahre 1789 schien Herschel noch nicht völlig gewiß zu sein, ob der schwarze Streifen, welcher sich längs des ganzen Ringes hinzieht, eine Theilung zwischen zwei concentrischen Ringen bedeute; man konnte, sagt er, zweifelhaft sein, ob dieser Streifen von einem leeren Raume herrührte. Seine Beobachtungen von 1792 ließen erkennen, daß jene Linie auf beiden Flächen des Ringes und in gleichem Abstande vom äußeren Rande vorhanden ist; daß sie beständig gleich breit und überall scharf begrenzt ist; daß endlich unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen sie völlig so schwarz erscheint, wie der dunkle Raum zwischen Ring und Planeten. Nach der Gesammtheit dieser Umstände zweifelte Herschel nicht mehr, daß an jener Stelle eine wirkliche Theilung zwischen zwei concentrischen Lagen des großen Ringes stattfinde.

Neuerdings (1852) hat Hind behauptet, daß die Entdeckung der äußeren Theilung des Ringes im Jahre 1665 durch den Dr. Ball und W. Ball zu Minehoad in Nord-Devonshire gemacht worden sei*).

---

*) Hind, Solar System, S. 105.

Indessen sagt Hind nicht, wo die Beobachtungen seiner Landsleute sich aufgezeichnet finden.

Wenn es sich um Dinge von der äußersten Feinheit handelt, so nimmt man in der Regel nur das wahr, was man sucht. Ich darf also wohl die Aufforderung an die Astronomen wagen, zu untersuchen, ob der vom Ringe auf den Planeten geworfene Schatten nicht unter gewissen Umständen sehr zarte Lichtfäden, hervorgerufen von dem durch die dunkeln Zwischenräume hindurchgegangenen Lichte, enthalten möchte; alsdann würde die Ursache der dunkeln Streifen, die Existenz wirklicher Theilungen zwischen den Ringen, durch einen unwiderleglichen Beweis dargethan sein.

Das Vorhandensein anderer Streifen als des zuerst von Cassini angezeigten ist zu wiederholten Malen behauptet worden; allein da diese Streifen nicht beständig sichtbar waren, so konnte man den Gedanken hegen, sie seien von gleicher Natur mit den Streifen des Jupiter. Die erste Beobachtung dieser Art, die zu meiner Kenntniß gekommen, rührt von Short her, welcher nach Lalande's Berichte mehrere concentrische Linien auf der äußeren Partie des Ringes sich abzeichnen sah [10]. Indessen ist zu bemerken, daß Short selbst in Betreff dieses Gegenstandes Nichts veröffentlicht hat.

Herschel gewahrte bei vier verschiedenen Gelegenheiten einen zarten schwarzen Strich ganz nahe dem inneren Rande der westlichen Ringanse: ein erstes Mal am 19. Juni 1780 (mit einem 7füßigen Teleskop von 6 Zoll Oeffnung, bei 200maliger Vergrößerung); zum zweiten Male am 20., das dritte und vierte Mal den 21. und 26. Juni, mit einem 20füßigen Teleskope und 200facher Vergrößerung. Auf der Seite der östlichen Anse hat er nie etwas Aehnliches wahrgenommen.

Der kleine am 26. Juni sichtbare Strich war am 29. gänzlich verschwunden. Hatte derselbe seinen Grund in einer zweiten Theilung, so müßte man annehmen, daß die beiden durch die letztere geschiedenen Ringtheile excentrisch waren, denn sonst würde die Theilung auf beiden Henkeln gleichmäßig hervorgetreten sein.

Als Quetelet im December 1823 in Paris ein Fernrohr von Cauchoix probirte, glaubte dieser Astronom gleichfalls eine doppelte Theilung des äußeren Ringes zu bemerken.

Am 17. December 1825 beobachtete Capitain Kater durch ein Newton'sches Teleskop von 6 Zoll Oeffnung und 3 Fuß Brennweite; er sah auf dem äußeren Ringe zahlreiche und einander sehr nahe schwarze Linien: auf dem inneren Ringe war nichts Derartiges zu bemerken.

Capitain Kater wiederholte diese Beobachtungen im Januar 1826, und bediente sich dazu eines Dollond'schen Teleskops; an gewissen Tagen traten die Erscheinungen aus dem vorhergehenden Jahre wieder hervor, während sie andere Male unsichtbar blieben, woraus der Beobachter den Schluß zog, daß sie keinen permanenten Zustand darstellten.

Am 25. April 1837 erkannte der Director der berliner Sternwarte, Encke, mittelst des großen dort aufgestellten Refractors, daß der äußere Ring durch eine schwarze Linie in zwei Theile getheilt war. Am 28. Mai bemerkte derselbe Astronom diesen schwarzen Streifen zum zweiten Male, aber gleichzeitig überzeugte er sich durch Messungen, daß die neue Theilung den äußeren Ring nicht in gleiche Theile schied. Die von Encke ausgeführten mikrometrischen Messungen geben für die mittlere Entfernung des Saturn von der Erde folgende Werthe [11]):

Aeußerer Durchmesser des äußeren Ringes .	40″44
Durchmesser der neuen Theilung	37,47
Innerer Durchmesser des äußeren Ringes .	36,04

Diese Werthe scheinen anzudeuten, daß die gesehene neue Theilung der alten Trennung näher liegt, als dem äußeren Rande des Ringes *).

Am 19. Mai 1838 bemerkte de Vico in Rom mit dem großen Fernrohre von Cauchoix nicht allein den neu entdeckten Streifen auf dem äußeren Ringe, sondern auch zwei ähnliche schwarze Linien auf dem inneren Ringe.

Ich lasse den Auszug eines im Jahre 1842 durch den Director der Sternwarte in Rom, de Vico, veröffentlichten Aufsatzes folgen, in welchem sich die genauesten Angaben über die vielfachen Streifungen des Ringes finden.

---

*) Hind, Solar System, S. 108. [Der Originalbericht Encke's in Nr. 338 der astron. Nachrichten.]

1) Außer der dunkeln Linie Cassini's ist auf dem äußeren Theile des Ringes noch eine zweite, schmalere, vorhanden. Sie ist vollkommen scharf, und erscheint in einer so günstigen Atmosphäre, wie die römische, eben so schwarz, als der dunkle Zwischenraum zwischen Ring und Planeten. Sie ist ohne Unterschied zuweilen sowohl auf der östlichen als westlichen Ringanse sichtbar, zuweilen auch nur auf dem einen Henkel; unter anderen Umständen ist sie gar nicht zu sehen. Ein eifriger Beobachter des Saturnringes, Schwabe in Dessau, nennt sie die Encke'sche Theilung. Aber worin liegt die Ursache und welches sind die Gesetze ihres Hervortretens und Wiederverschwindens? Darüber geben die Beobachtungen bis jetzt noch keine Auskunft. Wenn diese beiden Streifen wirkliche Trennungsspalten sind, so muß der Ring des Saturn mindestens dreifach sein.

2) Auf der dem Körper des Planeten zunächst gelegenen Abtheilung des Ringes bemerkt man eine dritte, gleichfalls schwarze Linie, aber von außerordentlicher Feinheit, welche dieselben Erscheinungen wie die beiden anderen darbietet. Sie ist seltener sichtbar und zeigt sich auf der östlichen Anse häufiger als auf beiden Henkeln zu gleicher Zeit. Mit dieser neuen Theilung würde der Ring ein vierfacher sein.

3) Zwischen diesem letzten und dem Cassini'schen Streifen ist mehr als dreißig Male eine vierte sehr zarte Linie beobachtet worden, bald nur auf einer, bald auf beiden Ringansen. Wenn sie unsichtbar ist, so findet man an ihrer Stelle und in der nächsten Umgebung eine Art von Schatten oder Dunkelheit, welche den Glanz der beiden zur Seite liegenden Portionen des Ringes, d. h. der Theile, die einerseits der Planetenkugel, andererseits dem Cassini'schen Streifen zunächst liegen, besser hervortreten läßt. Wenn auch diese Linie ihren Grund in einer wirklichen Trennung hätte, so wäre der Saturn von fünf sichtbaren Ringen umgeben. Die erwähnten Linien oder Streifen sind zuweilen sämmtlich zugleich wahrgenommen worden, und zwar mit großer Bestimmtheit, aber sehr selten und niemals ganz auf den beiden Ringansen.

Im Jahre 1843 haben die Herren Lassell und Dawes, mit einem 18füßigen Reflector, die Existenz der Encke'schen Theilung bestätigt, welcher sie ein Drittheil der Breite des zuerst von Cassini

gesehenen Streifens beimessen. Die Lage dieser neuen Linie setzen sie, in diesem Punkte von den Resultaten des berliner Astronomen abweichend, dem äußeren Rande näher als dem inneren des betreffenden Ringes.

Im November 1850 gewahrten Dawes und Lassell einige Spuren eines feinen schwarzen Striches zwischen dem Cassini'schen Streifen und dem äußeren Rande des Ringes.

Um zu entscheiden, ob die schwarze von Cassini entdeckte Linie eine wirkliche Trennungsspalte ist oder eine der Jupiterstreifen ähnliche Erscheinung; so wie, ob die beiden durch jene Theilung getrennten Ringe in einer und derselben Ebene liegen oder nicht: dazu kann folgende allerdings sehr feine, aber immerhin ausführbare Beobachtung dienen. Im Falle eine Theilung vorhanden ist, wird die Breite der dunkeln Linie an den Krümmungen der beiden Henkel und in den zwischenliegenden Richtungen in demselben Verhältnisse verschieden sein, wie die Breite des Ringes selbst; wenn an den Ansen die Breite des Streifens 1 beträgt, so kann der Werth in der Richtung des Planetencentrums nur $1/2$ sein.

Wenn die beiden Ringe außerdem in verschiedenen Ebenen liegen, so muß die Breite des Streifens nach einem anderen Gesetze variiren.

Nehmen wir jetzt an, daß der Ring gerade am Weitesten geöffnet sei, und daß durch eine gewisse Vergrößerung betrachtet, der schwarze Streifen sich nicht mehr vor der Saturnscheibe erkennen lasse, so wird, wenn eine um die Hälfte geringere Vergrößerung den Streifen noch auf den Ansen zeigt, daraus hervorgehen, daß die Breite des Streifens an den Enden und in der Mitte sich nach einem anderen Verhältnisse ändert, als 2 zu 1, oder, was dasselbe ist, daß die beiden Ringe nicht in der nämlichen Ebene liegen können.

Das eben auseinandergesetzte Verfahren hat den Vortheil, nicht die directe Messung der Ungleichheiten einer Linie zu verlangen, deren größte Breite kaum sich durch unsere heutigen mikrometrischen Apparate bestimmen läßt[12].

Fünftes Kapitel.

Streifen des Saturn. — Atmosphäre desselben.

Auf der Oberfläche des Saturn nimmt man mehrere, unter einander parallele matte Streifen wahr, welche in gewisser Rücksicht mit den Streifen Aehnlichkeit haben, die die Jupiterscheibe zuweilen bedecken, sich aber dadurch von den letzteren unterscheiden, daß sie eine sehr merklich gekrümmte Gestalt besitzen, während die Jupiterstreifen geradlinig erscheinen. Es knüpft sich hieran die Folgerung, daß wenn auf dem Saturn die Streifungen dem Aequator parallel laufen, die Ebene des letzteren gegen die Ebene der Ekliptik unter einem ziemlich beträchtlichen Winkel geneigt ist.

Die Streifen sind ferner nicht permanent, woraus hervorgeht, daß sie in einer den Saturn umgebenden atmosphärischen Hülle ihren Ursprung haben, auf deren Dasein wir gleichfalls aus der Bemerkung schließen dürfen, daß der Glanz des Planeten nicht constant ist. In der That ist klar, daß ein fester, von keiner Atmosphäre umgebener Körper uns stets mit derselben Helligkeit erscheinen müßte.

Die Beobachtung der matten Streifen auf der Kugel des Saturn ist weit schwieriger, als die der Jupiterstreifen, welche im Allgemeinen dunkler und aus diesem Grunde leichter sichtbar sind.

Nichtsdestoweniger hat Cassini im Jahre 1683 helle, und mithin dazwischen auch dunklere Streifen auf dem Körper des Saturn durch ein 40füßiges Fernrohr wahrgenommen.

Im Jahre 1762 sah Messier auf der Saturnscheibe mehrere Tage hindurch einen dunkeln Streifen, welcher etwas gekrümmt erschien, nach der in den Memoiren der Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1776 gegebenen Beschreibung.

Derselbe Astronom beobachtete 1766 dunkle Streifen auf der Scheibe des Planeten, doch waren dieselben außerordentlich schwach und schwer zu erkennen.

1776 berichtet Messier, daß er auf der Saturnscheibe einen ebenso deutlichen Streifen wie die Jupiterstreifen gesehen habe.

Im Jahre 1793 beschrieb Herschel drei solche von ihm auf dem

Saturn beobachtete dunkle Streifen; sie waren sehr gekrümmt und dem zunächst liegenden Theile des Ringes nahe parallel.

Auf der beigefügten Zeichnung sind die Streifen dargestellt, als wenn sie am Rande des Planeten aufhörten, allein dieser im Text nicht erwähnte Umstand kann in einem Mißverständnisse des Kupferstechers seinen Grund haben. Diese Erklärung ist um so zulässiger, als die auf derselben Platte enthaltene Abbildung der Jupiterstreifen die letzteren gleichfalls bis zu dem Rande des Planeten fortgesetzt zeigt.

In den Abhandlungen Herschel's finden wir Beobachtungen von Saturnstreifen, welche bis zu den Jahren 1775, 76, 77, 78 und 1780 zurückgehen. In diesen Jahren waren die Streifen dem Ringe nicht genau parallel; der gewissenhafte Beobachter führt Neigungen bis zu 15 Graden an.

Mädler und Beer haben in ihren Beobachtungen aus den Jahren 1834 und 1835 stets nur einen Streifen auf der Saturnscheibe wahrgenommen. Sie bemerkten, daß derselbe sich bis zum Rande des Planeten fortsetzte, und ziehen daraus den Schluß, doch ohne sich ausführlicher über diesen Punkt zu erklären, daß dieser Streifen nicht atmosphärischen Ursprungs sei.

Herschel bemerkte, daß die auf der Saturnscheibe sich zeigenden Streifen eines Abends sehr verschieden waren von denen, welche er den Tag vorher gesehen hatte. Auch nahm er an den Polargegenden des Saturn Veränderungen in der Lichtintensität wahr, indem diese Regionen weniger weiß erschienen, je länger sie von der Sonne erleuchtet waren. Es scheinen folglich die ebenerwähnten Helligkeitsunterschiede in die Classe der von Temperaturveränderungen abhängigen Phänomene zu gehören. Mag man sie nun der Entstehung von Eis und Schnee, oder einer Anhäufung von Wolken zuschreiben, in beiden Fällen wird die Voraussetzung einer Atmosphäre erfordert.

Sechstes Kapitel.

Von der Rotation, der Gestalt und der Abplattung des Saturn.

Der Saturn besitzt eine Umdrehungsbewegung um sich selbst, die er in 10 St. 24 Min. vollendet; die Axe, um welche er dabei rotirt, ist um den zehnten Theil kürzer, als eine darauf senkrechte Axe, mit anderen Worten, als der Aequatorealdurchmesser des Planeten.

Bereits im Jahre 1683 beobachtete Cassini auf der Kugel des Saturn Lichtphänomene, welche ihn zu der Annahme einer Axendrehung führten, doch gelang ihm noch nicht die genaue Bestimmung der Umdrehungszeit. In dem Kosmotheoros von Huygens, einer Schrift, die eine Beschreibung der hauptsächlichsten an den einzelnen Planeten beobachteten Erscheinungen enthält, sagt der große Geometer ausdrücklich, daß die Bewohner des Saturn ihre Tage und ihre Nächte haben, was das Stattfinden einer Rotationsbewegung um die eigene Axe voraussetzt. Sollte Huygens, der in seinen astronomischen Arbeiten dem Saturn so viele Aufmerksamkeit zuwandte, die Umdrehung desselben bereits durch directe Beobachtungen erkannt haben? Ich muß hier daran erinnern, daß der Kosmotheoros erst sieben Jahre nach dem Tode des Verfassers, im Jahre 1702 erschienen ist. Die Bestimmung der Umdrehungszeit des Saturn war William Herschel aufbehalten. Durch das anhaltende Studium einiger Unregelmäßigkeiten, welche die Streifen des Saturn zeigten, und einer scharfsinnigen Discussion aller Beobachtungen gelangte der Astronom von Slough im Jahre 1794 zu der Ueberzeugung, daß der Planet 10 St. 16 Min. braucht, um sich um seine Axe zu drehen.

An die Wahrnehmbarkeit einer Abplattung des Saturn hatte vor W. Herschel Niemand gedacht. Die Messungen des großen Astronomen, welche diese Thatsache außer Zweifel setzten, sind vom September 1789 und ergeben für den Aequatorealdurchmesser den Werth von 22″,8, für den Polardurchmesser 20″,6. Doch müssen wir aufrichtig bekennen, daß die einzelnen Beobachtungen, welche zu diesen Zahlen als Mittelwerthen führen, keine so gute Uebereinstimmung zeigen, als zu wünschen wäre.

Im Jahre 1805 fügte Herschel zu den Resultaten seiner Vor-

gänger die Entdeckung eines sehr sonderbaren Umstandes in der physischen Beschaffenheit des Saturn. Der Mars und der Jupiter sind abgeplattet, und zwar drehen sich beide Planeten um den kürzesten Durchmesser ihrer scheinbaren Scheibe, während dagegen der Durchmesser des Aequators am größten ist, und die Länge der dazwischenliegenden Durchmesser durch allmälich wachsende Werthe von den Polen bis zum Aequator ausgedrückt wird. Die ganze Art, wie diese verschiedenen Längen sich aneinander reihen, berechtigt zu der Folgerung, die scheinbaren Scheiben als Ellipsen anzusehen, und damit die Gestalt eines jeden der beiden Planeten für die eines Revolutionsellipsoides, eines durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe erzeugten Sphäroids zu halten. Nach Herschel's Beobachtung kommt eine solche regelmäßige und einfache Form dem Saturnkörper nicht zu; statt eine Ellipse zu sein, hat die scheinbare Planetenscheibe vielmehr mit einem an den vier Ecken abgerundeten Rechtecke Aehnlichkeit, dessen größte Länge in der Richtung der Ebene des Aequators liegt. Allerdings ist auch hier der Polardurchmesser, um welchen als Axe der Planet in $10^1/_4$ Stunde seine Umdrehung vollendet, der kürzeste von allen; es ist ferner der Durchmesser im Aequator beträchtlich länger, als der Abstand der Pole; aber hier tritt die Eigenthümlichkeit auf, daß beim Saturn der Aequatorealdurchmesser nicht mit dem größten Durchmesser zusammenfällt, welcher im Gegentheil gegen die Ebene des Aequators um einen von seinem Beobachter bald auf 46° 38′, bald auf 45° 31′, und zuletzt, infolge einer genaueren Messung, auf 43° 20′ geschätzten Winkel geneigt ist. An den Enden dieses größten Durchmessers ist die Krümmung der Scheibe sehr augenfällig, während in der Gegend der Pole und des Aequators man im Gegentheil gerade Linien eine ziemlich große Strecke weit zu sehen glaubt [13]).

Die Beobachtungen, deren Resultate ich soeben angegeben habe, sind in den Monaten April, Mai und Juni 1805 angestellt. Am 26. Mai beschränkte sich Herschel in Betreff der unregelmäßigen Gestalt der scheinbaren Saturnscheibe nicht auf die einfache Wahrnehmung, sondern führte mikrometrische Messungen aus, welche ihm unter dem Aequator für die Länge des Halbmessers 11″,27, unter 45 Grad Neigung den Werth von 11″,98 gaben. Einen Tag später, 27. Mai,

ergaben wiederholte Messungen derselben Halbmesser resp. 11″,44 und 11″,88.

Um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß diese eigenthümliche Gestalt der Scheibe nicht etwa von zufälligen Unregelmäßigkeiten in der Krümmung des Spiegels im Teleskope bedingt war, durch welches er zuerst beobachtet, wandte Herschel nach und nach sein 7füßiges, sein 10füßiges, sein 20füßiges und selbst sein großes 40füßiges Teleskop mit den verschiedensten Vergrößerungen ausgerüstet, zur Verification an, und erhielt stets die Abweichung in demselben Sinne.

Ich weiß in der That für die Ursache jener Unregelmäßigkeiten, an welche kein Astronom glauben mag, keine Erklärung zu geben; denn wohlverstanden konnte jedes der Instrumente, deren sich der gefeierte Astronom von Slough bediente, abwechselnd auf Saturn und auf Jupiter gerichtet werden, als die beiden Planeten sich zu gleicher Zeit über dem Horizonte befanden, und stets blieb Jupiter elliptisch, während Saturn viereckig mit abgerundeten Ecken erschien.

Man hat diese Anomalie aus gewissen Ungleichförmigkeiten in der Temperatur der Luftsäule herleiten wollen, welche im Rohre der Instrumente enthalten ist; aber auch angenommen, daß dergleichen Ungleichheiten in Röhren aufträten, die an dem einen Ende vollständig offen sind, und daß sie regelmäßig und wirksam genug sein könnten, um den beobachteten Effect beim Saturn hervorzubringen: so würde man immer das Recht haben zu fragen, warum die nämlichen Ursachen nicht analoge Erscheinungen bei den vom Jupiter ausgehenden Strahlen zur Folge haben.

Herschel glaubte an eine physische Ursache für die Unregelmäßigkeit, die er in der Gestalt des Saturn wahrgenommen hatte, und behauptete, daß die Anziehung des Ringes zu einer Zeit, wo die Masse des Planeten noch nicht erstarrt war, jene Abweichung zur Folge gehabt haben könne; allein Bessell hat bewiesen, daß die Anziehung des Ringes niemals die sonderbare Form hervorbringen konnte, auf welche die Beobachtungen Herschel's hinzudeuten scheinen [14].

Siebentes Kapitel.

Von den Satelliten des Saturn.

Acht Satelliten begleiten den Saturn und umkreisen ihn in elliptischen Bahnen, deren Brennpunkte in das Centrum des Planeten fallen. Die Elemente ihrer Bahnen sind:

	Mittlere Entfernungen.	Siderische Umlaufszeiten.			
Erster Satellit	3,36	0 Tag	22 St.	37 Min.	23 Sec.
Zweiter Satellit	4,31	1	8	53	7
Dritter Satellit	5,34	1	21	18	26
Vierter Satellit	6,84	2	17	41	9
Fünfter Satellit	9,55	4	12	25	11
Sechster Satellit	22,14	15	22	41	25
Siebenter Satellit	28,00	21	7	7	41
Achter Satellit	64,36	79	7	53	40

Die Abstände der Monde vom Planeten sind in Theilen des Aequatorealhalbmessers des Saturnsphäroids ausgedrückt.

Fast alle Satelliten bewegen sich in Ebenen, die von der Ringebene nicht merklich verschieden sind, nur die Bahn des letzten Trabanten besitzt eine Neigung von etwa 12° 14′.

Zur Zeit seiner Entdeckung verschwand der achte Mond fast ganz, wenn er den östlichen Theil seiner Bahn durchlief, während er an anderen Stellen im Gegentheil sehr deutlich sichtbar war. Hieraus folgte erstens, daß dieser Trabant nicht gleiche Lichtstärke an allen Theilen seiner Oberfläche besaß, und zweitens, daß er sich um seine Axe drehte; denn da er der Erde stets seine weniger leuchtende Seite während seiner östlichen Digression zukehrte, so war man zu schließen berechtigt, daß der Mond dem Hauptplaneten in derselben Lage seine glänzende Hälfte zuwandte, und in derselben Zeit, in welcher er einen Umlauf um den Saturn vollendete, eine Umdrehung um sich selbst zurücklegte.

Dieses Gesetz der gleichen Revolutions- und Rotationsdauer haben wir bereits bei unserem Monde und bei den Jupitersatelliten gefunden; dasselbe scheint demnach in allen Trabantensystemen allgemeine Geltung zu besitzen.

Aus der aufmerksamen Betrachtung der vorstehenden Elementen-

übersicht hat sich John Herschel eine Bemerkung ergeben, welche wir nicht mit Stillschweigen übergehen dürfen, weil sie für die Theorie der Störungen der Saturnsatelliten von besonderer Wichtigkeit ist.

Die Umlaufszeit des dritten Satelliten ist doppelt so groß, als die Umlaufszeit des ersten, und das gleiche Verhältniß findet beim vierten Trabanten in Bezug auf den zweiten statt [15]).

Der Ring, welcher den Planeten umgibt, verhindert die Wahrnehmung der Verfinsterungen der Saturnsatelliten, und eben so kann beim Vorübergange vor dem Planeten ihr Schatten nur unter sehr seltenen Umständen beobachtet werden. Indessen finde ich, daß am 2. November 1789 William Herschel den Schatten des sechsten Satelliten sehr deutlich vor der glänzenden Planetenscheibe vorüberziehen sah, welche Beobachtung allein schon ausreichen würde, um darzuthun, daß der Saturn kein eigenes Licht besitzt.

Achtes Kapitel.

Historisches über die Entdeckung der Saturntrabanten.

Am 25. März 1655 richtete Huygens nach dem Saturn zwei Fernröhre von 12 und von 23 Fuß Brennweite, deren Gläser er selbst verfertigt hatte, und entdeckte den ersten Trabanten, den je ein menschliches Auge beim Saturn gesehen. Dasselbe Instrument würde zur Auffindung noch anderer Monde hingereicht haben; allein Huygens fiel es nicht ein, danach zu suchen, weil seine eben gelungene Entdeckung die Zahl der Satelliten der Zahl der damals bekannten Planeten unseres Sonnensystems gleich machte, und man einer alten Ansicht zufolge, deren Einflusse der große Geometer sich nicht zu entziehen vermochte, es für unmöglich hielt, daß die Anzahl der Hauptplaneten von der Gesammtzahl aller Nebenplaneten übertroffen würde. Sehr oft haben theoretische Vorstellungen zu glänzenden Entdeckungen geführt, hier war die Wirkung eine gerade entgegengesetzte; man weiß in der That nicht, was man zu jenem vorgeblichen kosmischen Gesetze sagen soll, vor welchem das Genie eines Huygens sich beugte.

Ende October 1671 erblickte Joh. Dom. Cassini durch ein nur

17füßiges Fernrohr einen Satelliten, der sich in seinem Laufe weiter vom Hauptplaneten entfernte, als der Huygens'sche Trabant. Am 23. December 1672 entdeckte derselbe Astronom mit Hülfe eines 35-füßigen und eines 70füßigen Fernrohrs einen neuen Satelliten, dessen Bahn im Gegentheil von der des Huygens'schen Mondes umschlossen wurde.

Im Monat März 1684 endlich bemerkte Cassini noch zwei andere Saturntrabanten, zu deren Beobachtung er sich zweier Campani'schen Objective von 100 und von 136 Fuß Brennweite, und hierauf zweier neuen Objective von 90 und von 70 Fuß Brennweite bediente. Diese großen Linsen waren nicht in Rohre eingeschlossen: Cassini stellte dieselben bald auf der Sternwarte, bald auf der Spitze eines großen Balkens, bald endlich auf einem hölzernen Thurme oder Gerüste auf, welches von Marly nach Paris geschafft worden war.

Zur Feier dieser Entdeckungen ließ man eine Medaille anfertigen mit der Inschrift: Saturni satellites primum cogniti.

Die Umgebung des Saturn war so sorgfältig durchforscht, um Trabanten zu entdecken, daß ein neuer Fund nicht denkbar schien. Das Jahr 1789 zeigte das Irrige dieser Annahme, denn am 28. August dieses Jahres nahm Herschel in Slough durch sein großes 40füßiges Spiegelteleskop einen dem Ringe noch näher stehenden Satelliten wahr, als die fünf bisher beobachteten.

Dank der wunderbaren Stärke des riesigen Instrumentes folgte am 17. September 1789 die Entdeckung eines neuen, abermals zwischen dem Ringe und dem letzterwähnten Satelliten stehenden Begleiters des Saturn. Dieser siebente Trabant ist von außerordentlicher Schwäche, doch gelang es Herschel, ihn unter besonders günstigen Umständen noch durch seinen 20füßigen Reflector zu erkennen.

Die Bahnen der beiden letztentdeckten Satelliten haben sehr kleine Dimensionen, und befinden sich mithin oft hinter dem Planeten oder stehen vor der Scheibe desselben; in anderen Fällen sind sie dem Ringe so nahe, daß sie in dem Lichte desselben gänzlich verschwinden und gewissermaßen ausgelöscht werden. Wenn der Ring uns seine schmale Seite zukehrt und unseren Blicken in der Gestalt einer ungemein zarten

Lichtlinie erscheint, so werden längs dieser Linie die Satelliten wie glänzende und bewegliche Perlen sichtbar.

Man kannte jetzt sieben Begleiter des Saturn, von denen der dem Planeten zunächststehende, wie aus der Tafel der Umlaufszeiten im vorigen Kapitel zu ersehen, seine Bahn in 22 bis 23 Stunden zurücklegt. Ein Mond, der seinen ganzen Umlauf in weniger als einem Tage vollendet, ist gewiß keine der geringsten Merkwürdigkeiten des merkwürdigsten unter allen Planeten, welche das Firmament den Blicken des Menschen darbietet. Cassini hatte bereits bemerkt, daß die Revolutionszeiten und die Dimensionen der Bahnen der beiden von ihm 1684 entdeckten Satelliten dem dritten Keppler'schen Gesetze genügen.

Ein letzter Begleiter, der achte, wurde im September 1848 fast gleichzeitig von Bond in Cambridge in den Vereinigten Staaten, und von Lassell in Liverpool in England aufgefunden. Dieser Satellit steht zwischen dem Cassini'schen Trabanten, dem entferntesten von allen, und dem von Huygens entdeckten.

Die langen Zwischenzeiten, welche zwischen den verschiedenen ihrer Zeitfolge nach von uns aufgezählten Entdeckungen verflossen, erklären sich aus den mit diesen Beobachtungen verknüpften Schwierigkeiten. Dem Pater de Vico und seinen Mitarbeitern am Collegio Romano war es aufbehalten den Beweis zu führen, daß die kleinsten Saturntrabanten auch durch Instrumente von mittelmäßiger Stärke gesehen und beobachtet werden können. Es ist dazu erforderlich, den Ring und den Planeten mit einem undurchsichtigen Schirme zu verdecken, indem das von beiden ausgestrahlte Licht hinreicht, um in unserem Auge das schwächere Licht der inneren Satelliten auszulöschen. Nicht ohne Ueberraschung sieht man hier den Ring des Saturn die Rolle eines blendenden Körpers spielen.

Damals, als die Satelliten des Saturn zum ersten Male aufgefunden wurden, bezeichnete man sie durch Zahlen, welche die Reihenfolge ihrer Entdeckung ausdrücken sollten. So nannte man den zuerst beobachteten den e r s t e n, den nach ihm entdeckten den z w e i t e n Trabanten u. s. f. Da aber diese Monde nicht in der Ordnung ihrer Entfernung vom Hauptplaneten oder ihrer Größe aufgefunden worden sind, so machte sich das Bedürfniß fühlbar, zur Vermeidung jeder Con-

fusion, an Stelle der eine Reihenfolge in der Zeit oder in der Größe ausdrückenden Zahlen ganz willkürlich gewählte Namen einzuführen.

Dies geschah im Jahre 1847, wo John Herschel den bis jetzt bekannten acht Satelliten, in der Reihenfolge ihrer mittleren Abstände vom Saturn, folgende Namen beilegte: Mimas (der nächste am Planeten), Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion (seitdem entdeckt) und Japetus.

Wird etwa später ein neunter Trabant entdeckt, so schiebt man ihn an seiner Stelle ein, ohne daß die 1847 angenommene Nomenclatur eine Aenderung zu erleiden braucht.

Die folgende Tabelle stellt die Geschichte der Entdeckung der Saturnsatelliten übersichtlich dar.

Satelliten nach ihren Abständen vom Saturn.	Namen der Satelliten.	Reihenfolge ihrer Entdeckung.	Namen der Entdecker und Zeit der Entdeckung.
1	Mimas	7	Herschel, 17. Sept. 1789.
2	Enceladus	6	Herschel, 28. Aug. 1789.
3	Tethys	5	Cassini, März 1684.
4	Dione	4	Cassini, März 1684.
5	Rhea	3	Cassini, 23. Dec. 1672.
6	Titan	1	Huygens, 25. März 1655.
7	Hyperion	8	Bond und Lassell, Sept. 1848.
8	Japetus	2	Cassini, Oct. 1671.

Die Entfernung des Mimas beträgt vom Mittelpunkte des Saturn gerechnet 26063 geographische Meilen, von der Oberfläche des Planeten 18310 Meilen, vom Ringe endlich 6901 Meilen.

Titan ist der größte unter den Saturntrabanten, und zeigt einen scheinbaren Durchmesser von etwa $^1/_{16}$ mit dem seines Hauptplaneten verglichen.

Neuntes Kapitel.

Von der Rotation des Saturnringes.

Das Stattfinden einer Rotationsbewegung des Ringes des Saturn um sich selbst ist vielfach bestritten worden. Herschel drückt sich folgendermaßen aus:

„Man nimmt von Zeit zu Zeit auf der Oberfläche des Ringes, kurz vor dem Verschwinden oder bald nach dem Wiedererscheinen desselben, gewisse Ungleichheiten wahr, welche nicht ohne Grund reell genannt werden können, denn allem Anscheine nach haben sie ihren Ursprung in leuchtenden durch die Wirkung der Irradiation vergrößerten Flecken."

Im Jahre 1790 machte William Herschel die Bemerkung, daß die Beobachtungen solcher besonderen Flecken zu einer Zeit, wo der Ring sich von seiner schmalen Seite zeigte und jene Punkte wie Protuberanzen aussahen, mit den Stellungen der damals bekannten sieben Satelliten durchaus nicht in Einklang zu bringen waren. Sollte man daraus auf das Dasein eines neuen Trabanten schließen? Durch die Annahme eines solchen konnte den Beobachtungen Genüge geleistet werden, wenn man ihm eine Umlaufszeit von 10 St. 12 Min. 15 Sec. beilegen wollte. Nach dem dritten Keppler'schen Gesetze würde damit der Trabant im Ringe selbst, d. h. zwischen der äußeren und inneren Begrenzung desselben stehen. Will man also nicht voraussetzen, was kaum Jemandem einfallen möchte, daß die Materie des Ringes von einer hinreichend flüssigen Beschaffenheit sei, um den Lauf eines Satelliten nicht zu hemmen, so ist man genöthigt die beobachteten Flecken für integrirende Theile des Ringes anzusehen, und erhält 10 St. 12 Min. 15 Sec. für die Umdrehungszeit dieser ungeheuern Brücke. Die leuchtenden Flecken, deren Fortbewegung zu diesem Werthe führte, lagen auf dem äußeren Ringe.

Wir gehen zur Aufzählung von Thatsachen über, welche mit der aus Herschel's Beobachtungen gezogenen Folgerung in Widerspruch zu stehen scheinen. Am 8. December 1671 bemerkte Cassini, daß nur die eine Ringanse noch ein wenig sichtbar war, was sich kaum anders erklären ließ als durch die Annahme, daß der Ring, statt vollkommen flach zu sein, gewisse Ausbiegungen besaß. Da die beobachtete Erscheinung lange Zeit fortdauerte, so war nicht denkbar, daß die Protuberanz durch eine rasche Rotationsbewegung von einer Seite des Planeten nach der anderen hinübergeführt würde.

Am 12. October 1714 beobachtete Maraldi den Saturn mit einem einzigen Henkel auf der westlichen Seite; am 22. März 1715

sah derselbe Astronom blos eine schwache Spur der westlichen Anse, während auf der Ostseite gar Nichts zu entdecken war. Ebenso nahm Varela am 6. October 1773 zu Cadix nur die westliche Anse wahr, und zwar viel längere Zeit hindurch, als erforderlich gewesen wäre, um vermöge der angenommenen Umdrehungsbewegung den sichtbaren Theil des Henkels von der Westseite nach der Ostseite hinüberzuführen.

Herschel selbst erblickte im Jahre 1774 nur einen Henkel des Saturn, und keineswegs als vorübergehende Erscheinung. Am 4. Januar 1803 konnte Harding nur westlich vom Planeten Spuren des Ringes unterscheiden und nahm an der sehr feinen auf dieser Seite sichtbaren Linie eine merkliche Hervorragung wahr, welche ihren Ort nicht veränderte, und wie die Rechnung ergab, von keinem Trabanten herrühren konnte. Am 14. Januar war die Lichtlinie zu beiden Seiten des Planeten zu sehen, und die von Harding das erste Mal beobachtete Hervorragung befand sich an der nämlichen Stelle. Zwei neue von Schröter entdeckte Protuberanzen wurden die ganze Nacht hindurch gesehen, ohne während der achtstündigen Dauer der Beobachtungen von der Stelle zu rücken. An den folgenden Tagen wurden Spiegelteleskope von 7 und 13 Fuß Brennweite und ein Dollond'sches 10-füßiges Fernrohr angewendet; das Resultat war das nämliche.

Du Sejour leitete aus der sorgfältigen Untersuchung eines mehrmaligen Verschwindens des Ringes die Folgerung ab, daß seine beiden Flächen nicht gleiche Reflexionsfähigkeit für das Sonnenlicht besitzen. Weitere Beobachtungen allein werden über diesen Punkt zu entscheiden gestatten, den wir der Aufmerksamkeit der Astronomen empfehlen wollen.

Die Beobachtungen von Harding und Schröter, so wie die von 1774, 1773, 1714 und von 1671 bestätigen das von Herschel im Jahre 1790 aus seinen Beobachtungen geschöpfte Resultat nicht. Es handelt sich hier um die Hebung einer Schwierigkeit, die einen sehr wesentlichen Punkt des Sonnensystems betrifft, denn die Unbeweglichkeit des Ringes scheint mit den Grundsätzen der Mechanik schwer vereinbar zu sein. Fragt man, warum der Schlußstein eines Gewölbes oder Gewölbebogens dem Einflusse der irdischen Schwere nicht nachgibt, welche ihm die Tendenz zum Fallen mittheilt, so findet man den Grund

darin, daß der Stein vermöge seiner Form von dem Gewölbe nur dann sich loslösen könnte, wenn die beiden benachbarten Steine, mit denen er in Berührung steht, entfernt würden. Daraus folgt, daß jene Tendenz, nach dem Mittelpunkte der Erde sich zu bewegen oder zu fallen, sich in einen doppelten nach links und rechts auf die beiden benachbarten Steine ausgeübten Druck transformirt. In einem Gewölbe jedoch, das in einer gewissen Höhe rings um die Erde läuft, läßt sich jeder Stein als Schlußstein ansehen, so daß der gesammte Bau unversehrt bleiben muß, weil alle die entstehenden Druckkräfte, von denen wir gesprochen, sich gegenseitig unter einander das Gleichgewicht halten. Demnach würde dem momentanen Bestande eines Gewölbebogens, der sich wie ein Kranz ohne Stützen oder Pfeiler um den Aequator der Erde herumzöge, nichts den elementaren Principien der Mechanik Widerstreitendes im Wege stehen. Es tritt blos die nothwendige Bedingung hinzu, daß wenn man dem Gleichgewichte dieses Gewölbes Dauer sichern will, alle seine Theile gleichmäßig von der Erde angezogen werden müssen, und diese Bedingung weist offenbar jenen Zustand als den eines labilen oder nicht ständigen Gleichgewichtes nach, welches durch tausend Umstände, wie den zufälligen Vorübergang eines Kometen, oder selbst durch die regelmäßige Einwirkung des Mondes zerstört werden könnte. Dergleichen störende Ursachen würden bewirken, daß die ganze Brücke auf die Erde stürzte. Im Wesentlichen nun finden diese hypothetischen Schlußfolgerungen auf den den Saturn umgebenden Ring Anwendung. Wenn dieser Ring keine Umdrehungsbewegung um sich selbst besäße, so wäre seine Masse ohne Zweifel schon auf den Planeten gestürzt und hätte den Zwischenraum, der beide jetzt trennt und den wir als unveränderlich anzusehen allen Grund haben, in der einen oder der anderen Richtung fallend zurückgelegt.

Laplace hat die Bedingungen untersucht, denen der Ring genügen muß, um unverändert zu bestehen, selbst wenn man ihn als flüssig annehmen wollte, und ist so auf die Nothwendigkeit einer Umdrehungsbewegung um seinen Mittelpunkt geführt worden, deren Dauer 10¼ Stunde beträgt, was mit den Beobachtungen Herschel's von 1790, wie man sieht, vollkommen übereinstimmt.

Eine gleich wesentliche Bedingung für die Stabilität des Ringsystemes ist die Forderung, daß der Schwerpunkt des Ringes mit dem Mittelpunkte des Planeten nicht mathematisch zusammenfalle, so daß während der Rotation des Ringes jener etwas excentrische Schwerpunkt wie ein Trabant nach dem Mittelpunkte des Saturn gravitirt, mit dem Unterschiede jedoch, daß weil er blos ideal ist, man sich seine Bewegung als im Inneren der den Planetenkörper bildenden Masse vor sich gehend vorzustellen hat. Wir verdanken diese Resultate den Arbeiten von Laplace; dieser große Geometer war folglich selbst am meisten dabei interessirt, ein Mittel zu finden, um die Beobachtungen Herschel's mit den scheinbar damit unvereinbaren Resultaten von Schröter und Harding in Einklang zu bringen.

Mit Hülfe der Analysis hat Laplace gezeigt, daß wenn die Breite des Ringes nur klein ist im Verhältniß zu seinem Abstande vom Mittelpunkte des Saturn, Gleichgewicht möglich ist, sobald die erzeugende Curve eine Ellipse bildet, deren große Axe nach dem Centrum des Planeten gerichtet ist. Es findet ferner das Gleichgewicht noch statt, wenn man für die verschiedenen Punkte der Ringperipherie die erzeugende Ellipse von veränderlicher Größe und Lage annimmt, unter der Voraussetzung jedoch, daß diese Variationen nur merklich werden in weit größeren Entfernungen, als die Axe des erzeugenden Schnittes beträgt. Also kann man sich den Ring in seinen verschiedenen Theilen ungleich breit denken, und darf ihm sogar eine doppelte Krümmung beilegen. „Auf solche Ungleichheiten," fügt Laplace hinzu, „weisen die Phänomene des Verschwindens und Wiedererscheinens des Ringes hin, wobei die beiden Ansen sich verschieden zu verhalten pflegen; sie sind selbst nothwendig, um den Ring im Gleichgewichte um den Planeten schwebend zu erhalten; denn wäre er in allen seinen Theilen vollkommen symmetrisch, so würde die leiseste Kraft, wie z. B. die Anziehung eines Satelliten, sein Gleichgewicht stören, und der Ring schließlich auf den Planeten stürzen. Die den Saturn umgebenden Ringe sind demnach als feste Körper von unregelmäßiger Gestalt und ungleicher Breite an den verschiedenen Punkten ihrer Peripherie anzusehen, dergestalt daß ihre Schwerpunkte nicht mit ihren geometrischen Mittelpunkten zusammenfallen. Diese Schwerpunkte lassen sich nun

mit ebensovielen Satelliten vergleichen, die sich um den Mittelpunkt des Saturn in der nöthigen von den Ungleichheiten der Ringe abhängenden Entfernung und mit Winkelgeschwindigkeiten bewegen, welche den Rotationsgeschwindigkeiten der zugehörigen Ringe gleich sind. Man begreift, daß diese Ringe, der störenden Einwirkung ihrer gegenseitigen Anziehung, der Sonne und der Trabanten des Saturn ausgesetzt, um den Mittelpunkt dieses Planeten oscilliren und dadurch Lichtphänomene hervorbringen müssen, deren Periode mehrere Jahre umfaßt."

Wenn die in verschiedenen Abständen vom Planeten schwebenden Ringe einerseits durch die Wirkung der Sonne nothwendigerweise verschiedene Präcessionsbewegungen erfahren, so müssen andererseits infolge der Abplattung des Planeten ihre Ebenen fortwährend genau zusammenfallen, so daß schließlich alle Beobachtungen ihre genügende Erklärung in den Gesetzen der allgemeinen Gravitation finden.

Zehntes Kapitel.

Hat der Ring des Saturn durch den Schweif eines Kometen entstehen können, der in seinem Laufe dem Planeten etwa sehr nahe gekommen ist?

Es ist nicht zu verwundern, daß eine so auffallende Zusammenstellung, wie wir sie beim Saturnsystem finden, die Einbildungskraft aller derer lebhaft beschäftigt hat, welche sich mit kosmogonischen Ideen tragen. Indeß muß man bekennen, daß ihre Bemühungen weit hinter den Phänomenen zurückgeblieben sind, deren Erklärung sie anstrebten.

Maupertuis glaubte, daß der Ring durch den Schweif eines Kometen entstanden sei, den die Anziehungskraft des Saturn um ihn zu kreisen gezwungen habe; dabei wäre der Komet zu einem Satelliten und der Schweif zum Ringe geworden.

Mairan behauptete, der Saturn sei ursprünglich eine Kugel von weit beträchtlicherer Größe als heute gewesen, und der Ring stelle den Ueberrest des früheren Aequator vor, nachdem der Planet durch Erstarrung oder Abkühlung auf ein viel kleineres Volumen reducirt worden.

Buffon dachte wie sein College von der Akademie der Wissen=

schaften, daß der Ring anfänglich einen integrirenden Theil des Planeten gebildet und infolge der Centrifugalkraft sich von demselben abgelöst habe.

Endlich hatte sich früher Cassini II. (Jacob Cassini) den Ring als Aggregat von einer Menge Satelliten vorgestellt, deren Bahnen einander so nahe laufen sollten, daß in der Entfernung, in welcher wir uns vom Saturn befinden, der Eindruck eines zusammenhängenden Körpers erhalten würde. Bei dieser Vorstellungsweise, gegen welche sich übrigens ernsthafte Bedenken erheben lassen, würde die Bildung des inneren seit 1850 beobachteten Ringes*) vielleicht leichter zu erklären sein. Doch sind dies Dinge sehr schwieriger Natur, welche ich mich hier bescheiden muß der Aufmerksamkeit der Astronomen und Geometer zu empfehlen.

Bei den Versuchen der Kosmologen, auf den Ursprung der Dinge zurückzugehen, um die merkwürdige Gestaltung des Saturn zu erklären, welche sich unter den Millionen von Sternen, die unser Auge am Firmamente wahrnimmt, vielleicht nicht zum zweiten Male wiederholt, hat man sich ziemlich freie Verfügung über die chaotische Materie gegönnt, die vor der Bildung der Planeten den Raum erfüllen sollte. In der That ist es trotz des keineswegs beschränkten Gebrauches, den man von der Attractionskraft im Vereine mit gewissen Umdrehungsbewegungen gemacht, kaum gelungen, dem Saturn eine nur entfernt an die in unseren Fernröhren beobachteten Erscheinungen erinnernde Gestalt zu verschaffen. Die Ansicht, daß der Ring des Saturn aus dem Schweife eines Kometen entstanden sei, der in seinem Laufe dem Planeten allzu nahe gekommen, haben jene Conjecturalastronomen in folgender Weise zu begründen versucht.

Es läßt sich nicht leugnen, daß wenn ein die Sonne in einer großen Ellipse umkreisendes materielles Theilchen einem Planeten von hinreichender Masse sehr nahe kommt, dasselbe durch die Anziehung des Planeten von seinem ursprünglichen Laufe beträchtlich abgelenkt zu werden vermag. Es ist selbst nicht schwer, in jedem Falle die erforderliche Intensität der Anziehungskraft numerisch zu berechnen, da-

*) Siehe oben Kapitel 3, S. 355.

mit das Theilchen sein früheres Bewegungscentrum verlassen und wie ein Trabant um den störenden Planeten sich weiterbewegen muß. Was die Attraction des Planeten in Bezug auf ein erstes Molecül bewirkt, kann sich auch in Bezug auf ein zweites, drittes u. s. w. ereignen, sobald nur diese materiellen Theilchen die nöthigen Bedingungen rücksichtlich ihrer Entfernung und ihrer Geschwindigkeit erfüllen. Alle die Molecüle, welche ursprünglich die nämliche Linie in der Nähe eines Planeten durchliefen, werden auf diese Weise zu einer Reihe von Satelliten, die genau in derselben Curve den Planeten umkreisen. Wenn nun weiter die Molecüle anfänglich ungemein nahe auf einander folgten, und in sehr großer Anzahl waren, mit einem Worte, wenn sie eine hinlänglich große Linie ausfüllten, so werden sie nach der geschehenen Abbeugung von ihrer Richtung einen geschlossenen Ring bilden, der aus der Ferne als continuirlich und äußerst dünn erscheint.

Was hier von einem ersten geradlinigen Streifen gesagt worden, muß Wort für Wort für alle anderen mehr oder minder vom Planeten entfernten Streifen gelten, so lange gewisse Grenzen ihrer Abstände nicht überschritten werden.

Was nun auch im Uebrigen die Beschaffenheit eines Kometenschweifes sein mag, so scheint es immerhin gestattet, ihn mit einem Büschel solcher aus materiellen Theilchen bestehenden Elementarstreifen zu vergleichen, wie wir eben betrachtet haben. Beim Vorübergange vor einem großen Planeten muß folglich jeder dieser Streifen, wie oben erklärt, eine Abbeugung erleiden, und ihre Gesammtheit die Gestalt einer ringförmigen Hülle von sphärischer oder elliptischer Krümmung annehmen, deren Mittelpunkt oder deren Brennpunkt mit dem Centrum des Planeten sehr nahe zusammenfällt.

So sind wir durch mathematische Schlüsse zu einer ringförmigen Umhüllung, zu einer Art schwebenden Gewölbes gelangt. Wenn eine derartige Gestaltung bei einem Planeten beobachtet würde, so könnte man im Vorhergehenden eine plausible Erklärung für das Geheimniß ihrer Bildung finden. Allein der Ring des Saturn führt nicht ohne Grund den Namen eines Ringes: er ist von beträchtlicher Breite, besitzt aber eine ausnehmend geringe Dicke, so daß er fast als Fläche angesehen werden kann. Wenn ein Büschel geradliniger molecu-

larer Streifen bei seiner Biegung um einen Planeten die Figur des Saturnringes annehmen soll, so ist erforderlich, daß der gedachte Büschel ursprünglich selbst in einer Fläche ausgebreitet war. Die Bestandtheile eines Kometenschweifes jedoch sind im Raume zu einem Cylinder oder Kegel gruppirt, und es ist kein Fall bekannt, wo sie eine ebene Schicht fast ohne alle Dicke gebildet hätten. Es geht daraus hervor, daß wenn man die materiellen Theilchen eines Kometenschweifes einzeln für sich und als von einander gänzlich unabhängig ansieht, durch ihre veränderte Bewegungsrichtung in der Nähe eines Planeten die Gestalt eines flachen Ringes nicht entstehen kann.

Warum aber, wird man einwerfen, soll man den Schweif eines Kometen nicht als ein elastisches Fluidum ansehen, etwa wie unsere Atmosphäre oder so viele andere gasförmige Substanzen, die uns die neuere Chemie kennen gelehrt? Hierauf ist zu erwidern, daß ein solcher Vergleich durch Nichts gerechtfertigt sein würde. Mag man die inneren und die äußeren Schichten eines Kometenschweifes mit einander vergleichen, oder auf die Betrachtung seiner Basis die seines anderen Endes folgen lassen: in keinem Falle findet man eine Andeutung jener allmälich wachsenden Verdichtungen, welche das charakteristische Merkmal der elastischen Fluida bilden. Selbst angenommen, für den Augenblick, daß der lange Schweif Elasticität besitze und um einen Planeten eine weite atmosphärische Umhüllung erzeugen könne, so würde sich die letztere im Sinne ihrer Rotationsaxe abplatten und rings um den Aequator eine große Ausdehnung annehmen. Davon ist aber noch ein weiter Abstand bis zu dem Ringe des Saturn von fast unmerklicher Dicke, der in allen seinen Punkten durch einen Zwischenraum von 5000 Meilen vom Planetenkörper getrennt ist. Will man den Ring vielleicht durch materielle Theile sich gebildet denken, die sich an den äußeren Grenzen der rotirenden Atmosphäre ablagerten? Die Annahme möchte zulässig erscheinen, aber was würde dann durch die Einmischung eines Kometen gewonnen; könnten jene Niederschläge, jene Anhäufungen dichterer Theile nicht ebensogut in der ursprünglichen Atmosphäre des Planeten sich bilden?

Maupertuis war, wie bereits erwähnt, der erste, der den Saturnring als das Erzeugniß eines infolge der mächtigen Anziehung des

Planeten um denselben aufgewickelten Kometenschweifes betrachtete. Als seine Abhandlung in den Philosophical Transactions zu London erschien, wußte man bereits, daß der Ring nicht einfach sei, sondern aus zwei unterschiedenen, durch eine schmale Spalte getrennten Ringen bestehe; daß ihr Licht, und vornämlich das der inneren Abtheilung, das Licht der Saturnscheibe an Helligkeit übertreffe; daß also aller Wahrscheinlichkeit nach die Materie der Ringe dichter sei als die des Planeten, u. s. w. Alle diese Umstände ließ Maupertuis unberücksichtigt, und that ihrer nicht einmal Erwähnung; für ihn reducirte sich das Geheimniß auf die Erklärung, wie eine leuchtende Hülle den Saturn rings umgeben könne. Eine so vage Theorie verdiente kaum vor hundert Jahren einige Aufmerksamkeit. Auch habe ich ihre Kritik nur um deswillen mit aufgenommen, weil ich mich der Verpflichtung unterzogen, eine vollständige Aufzählung der vorgeblichen kometarischen Einflüsse auf die kosmischen Phänomene zu liefern.

Dreißigstes Buch.

U r a n u s.

Erstes Kapitel.

Aussehen des Uranus. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Der Planet Uranus wurde anfangs auch Georgium sidus, sowie nach seinem Entdecker Herschel genannt. Der Tag seiner Entdeckung ist der 13. März 1781.

Das astronomische Zeichen für Uranus ist ♅ [1]).

Die Bewegung des Uranus ist während des größten Theiles des Jahres rechtläufig oder von West nach Ost gerichtet. Man erkennt leicht, daß er einige Zeit vor und einige Zeit nach der Opposition stationär, und in dem dazwischen liegenden Zeitraume rückläufig ist. Am Tage der Opposition erreicht seine rückläufige Geschwindigkeit ihr Maximum. Der ganze Bogen zwischen dem jährlichen Stillstande vor der Opposition und dem unmittelbar darauffolgenden Stillstande beträgt 3° 45′. Die Dauer eines synodischen Umlaufes des Planeten oder die Zeit, welche zwischen zwei Conjunctionen verfließt, beläuft sich auf 369 Tage.

Uranus bietet uns also in seiner Bewegung ähnliche Erscheinungen dar, wie wir sie bei den von Alters her bekannten Planeten Mars, Jupiter und Saturn kennen gelernt haben.

Seinem Glanze nach würde Uranus unter die Sterne sechster Größe zu rechnen sein; auch sieht man ihn bisweilen mit bloßen Augen.

An der Scheibe des Uranus bemerkt man keine Spur von Phasen.

Die siderische Umlaufszeit des Planeten beträgt in mittlerer Zeit 30686,8 Tage, oder ungefähr 84 unserer Jahre. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 19,18 Mal größer als der Radius-vector der Erdbahn, oder gleich 396½ Millionen geographische Meilen. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ebene der Ekliptik ist 46′ 28″, und die Excentricität der von ihm beschriebenen Curve 0,47. Wird die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne gleich 1 gesetzt, so steigt der Perihelabstand des Uranus von der Sonne auf 18,28, und der Aphelabstand auf 20,08.

Die Länge des Perihels beträgt 167° 30′ 24″; die Länge des aufsteigenden Knotens 72° 59′ 21″, und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 173° 30′ 37″.

Setzen wir die leuchtende und wärmende Kraft der Sonne auf der Oberfläche der Erde gleich 1, so wird dieselbe auf der Oberfläche des Uranus 0,003; oder anders ausgedrückt, Licht und Wärme langen auf dem Uranus nur mit einer Intensität = $^1/_{368}$ an, wenn die Intensität auf der Oberfläche der Erde zur Einheit genommen wird.

Nach Bouvard würde die Masse des Uranus $^1/_{17918}$ und nach Lamont $^1/_{24605}$ sein, die der Sonne gleich 1 gesetzt. Die Dichtigkeit des Planeten ist 0,18, die der Erde gleich 1 gesetzt, und die Schwere auf seiner Oberfläche beträgt 1,05, wenn sie mit der auf der Oberfläche der Erde stattfindenden als Einheit angenommenen Schwere verglichen wird [2]).

Zweites Kapitel.

Geschichte der Entdeckung des Uranus.

Die Entdeckung des Planeten Uranus ist eine der wichtigsten Bereicherungen, auf welche die neuere Astronomie mit Recht stolz sein kann; daher wird sich Niemand wundern, wenn ich die Geschichte derselben hier etwas ausführlich mittheile.

Am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr Abends untersuchte Herschel die kleinen Sterne in der Nähe des Sternes H in den

Zwillingen mit einem siebenfüßigen Teleskop bei 227facher Vergrößerung. Einer dieser Sterne schien ihm einen ungewöhnlichen Durchmesser zu haben, und der berühmte Astronom hielt ihn für einen Kometen. Um seine Vermuthung zu prüfen, ersetzte er die zuvor angewandte Vergrößerung durch eine 460- und 932fache, wobei der scheinbare Durchmesser des Sternes von ungewöhnlichem Aussehen proportional mit diesen Vergrößerungen zunahm, während dies bei den zur Vergleichung dienenden Sternen nicht der Fall war, deren Durchmesser vielmehr mit weit geringerer Schnelligkeit wuchs. Das neue Gestirn unterschied sich von den wahren Fixsternen noch durch ein anderes Merkmal; es wurde, wenn die Vergrößerung gewisse Grenzen überschritt, sehr schwach und schlecht begrenzt, während unter gleichen Umständen die Bilder der Fixsterne ihren Glanz und ihre Schärfe behielten. Diese Wahrnehmungen wurden noch durch Beobachtungen anderer Art unterstützt. Da Herschel keine festaufgestellten Instrumente besaß, wie sie auf großen Sternwarten zur Untersuchung der eigenen Bewegungen der Himmelskörper dienen, so verglich er das Gestirn, bei welchem ihm sein geübtes Auge die obigen Anomalien gezeigt hatte, mit den in der Nachbarschaft befindlichen Fixsternen. Ein eigenthümliches Fadenmikrometer gab einerseits die gradlinige Entfernung, und andererseits den Positionswinkel an. Durch diese Beobachtungen sah er bald, daß das Gestirn seinen Ort veränderte*). Obschon dasselbe keine Spur eines Bartes oder Schweifes zeigte, so nahm Herschel doch keinen Anstand, es für einen Kometen zu erklären, und unter diesem Namen war zuerst davon in der londoner königlichen Gesellschaft die Rede. Account of a comet lautet der Titel der Abhandlung vom 26. April 1781, in welcher Herschel zum ersten Male vom Planeten Uranus spricht (Phil. Transact. 1781, S. 492).

Sobald die Astronomen des Continents durch Maskelyne, den Director der greenwicher Sternwarte, von Herschel's Entdeckung be-

*) Wenn Herschel elf Tage früher (also am 2. statt am 13. März) sein Teleskop auf das Sternbild der Zwillinge gerichtet hätte, so würde die eigene Bewegung des Uranus ihm entgangen sein, weil der Planet am 2. März stationär war. Man sieht aus dieser Bemerkung, welchen Einfluß zufällige Umstände auf die größten astronomischen Entdeckungen äußern können.

nachrichtigt worden waren, beschäftigten sie sich auf das Angelegentlichste damit. Einige wie Lemonnier, Lalande, Méchain, Reggio, Cesaris, Bode, Wargentin u. s. w. verglichen in jeder hellen Nacht den Ort des mit eigener Bewegung begabten Gestirnes mit den Oertern der in seiner Nähe befindlichen Fixsterne; andere, wie Laplace, der Präsident de Saron, Méchain, Boscowich, Lexell u. s. w. versuchten die Bahn zu bestimmen, in welcher die Ortsveränderung erfolgte. Indeß trotz der Geschicklichkeit der Berechner mußte die Arbeit immer wieder von vorn angefangen werden. Wiewohl das Gestirn sehr langsam fortrückte, so wollte es doch niemals gelingen, alle seine Oerter darzustellen. Die Beobachtungen eines Monats warfen das Gebäude völlig über den Haufen, welches man nach den Beobachtungen des vorhergehenden Monates auf anscheinend sehr soliden Grundlagen zu errichten geglaubt hatte.

Wer über dieses Schwanken, dieses wiederholte Mißlingen heute über Gebühr sich wundert, bedenkt nicht genug, von welchen Ideen im Jahre 1781 die zuvor genannten berühmten Mathematiker und Astronomen eingenommen sein mußten.

Das neue Gestirn war als ein Komet angekündigt worden; alle bekannten Kometen hatten aber bis dahin sehr langgestreckte Ellipsen, ja man könnte fast sagen Parabeln beschrieben. Unter allen in den Verzeichnissen aufgeführten parabolischen Kometenbahnen fand sich keine über 4,2 hinausgehende Periheldistanz (den Abstand der Sonne von der Erde gleich 1 gesetzt). Dies waren die Bedingungen, innerhalb deren die Berechner sich zu halten versuchten; sie wollten mit aller Gewalt, daß der neue Komet ebenso wie seine Vorgänger eine sehr langgezogene krumme Linie beschriebe; sie wollten außerdem, daß der Scheitel dieser Bahn nicht sehr von der Sonne entfernt läge. Es würde unrecht sein, wenn ich unterließ darauf hinzuweisen, wie sehr die von Herschel bald nach seiner ersten Entdeckung gemachten Mikrometermessungen ebenfalls die Berechner irre leiten konnten; in der That waren diese gar sehr geeignet glauben zu machen, daß binnen sehr wenigen Tagen, während einer scheinbaren Bewegung in Länge um weniger als 1°, der gradlinige Abstand des neuen Gestirns von der Erde sich fast um die Hälfte verringert habe. Diese Beobachtun-

gen waren, wird man einwenden, ungenau. Ohne Zweifel; indeß, obschon der Astronom damals wenig bekannt war*), so konnte man natürlich doch Fehler von 1 bis 2″ in der mikrometrischen Messung eines Winkeldurchmessers einem Beobachter nicht zumuthen, der einen so durchdringenden Verstand, so großen Scharfsinn und solche Feinheit der Beobachtung besaß, um die besondern Eigenschaften des neuen Gestirns mitten unter eigentlichen Fixsternen, von denen er umgeben schien, aufzufinden.

De Saron brach zuerst diese Fesseln, wenigstens in einem Punkte. Am 8. Mai 1781 zeigte er, daß man vergeblich sich abmühen würde, den Gang des angeblichen Kometen darzustellen, so lange man seine Periheldistanz oder seinen geringsten Abstand von der Sonne kleiner als das 14fache des mittleren Abstandes der Sonne von der Erde annähme.

Nachdem dieser Schritt einmal gethan war, fand sich durch die Bemerkung de Saron's das Gestirn für immer der gewöhnlichen Klasse von Kometen entrückt; und durch die hiermit erkannte Nothwendigkeit, die bis dahin von Herschel gemachten Mikrometermessungen bei Seite zu legen, wurden die Berechner in ihren Versuchen freier; sie verließen die Idee einer parabolischen Bewegung und fanden, daß eine kreisförmige Bahn mit einem nahe dem 19fachen Abstande der Sonne von der Erde gleichen Halbmesser ziemlich gut allen damals vorliegenden Beobachtungen des neuen Wandelsternes in Bezug auf seine Ortsveränderung Genüge leisten würde.

Ich bedaure, einige Unsicherheit über den Namen desjenigen Gelehrten lassen zu müssen, der zuerst die Nothwendigkeit, zu einer fast kreisförmigen Bahn überzugehen, erkannt hat. Im vierten im Jahre 1783 erschienenen Bande der Memoiren der petersburger Akademie erklärte Lexell, er könne durch das Zeugniß mehrerer Astronomen den Beweis führen, daß diese Ehre ihm gebühre; indeß hat er diesen Beweis, und dies war doch das Wesentliche, nicht geliefert; er hat selbst nicht

*) In Deutschland und Frankreich schrieb man in den Zeitungen und selbst in wissenschaftlichen Zeitschriften des Jahres 1781: Mersthel, Herthel, Hermstel u. s. w. In der Connaissance des Temps für 1784 findet sich sogar Horochelle.

das Datum seiner Versuche angegeben. Andererseits führt Laplace in seiner Theorie der elliptischen Bewegung und Gestalt der Planeten, die 1784 durch de Saron's Fürsorge erschien, seine Bestimmung einer kreisförmigen Bahn von sehr großem Halbmesser bis zum August 1781 zurück. Aus verschiedenen Umständen würde sich leicht beweisen lassen, daß im Jahre 1781 Lexell eine Berechnung der kreisförmigen Bahn des neuen Gestirns noch nicht vollendet hatte. Es fehlt uns übrigens die Grundlage, nach welcher die Rechte der Erfinder stets unzweideutig gemessen werden können, das Datum der Veröffentlichung. Da in dem vorliegenden Falle die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt lebhaft durch den rebellischen Kometen erregt war, so verbreiteten Privatcorrespondenzen sogleich die geringsten in den Akademien gesprochenen Worte, und selbst bloße im Vertrauen an Freunde mitgetheilte Vermuthungen. So wußte ganz Europa, daß unser Sonnensystem um einen schönen Planeten reicher geworden war, lange bevor es die Beweise dafür vor Augen hatte.

Ungeachtet aller Mühe habe ich kein Mittel gefunden, um mit Gewißheit festzustellen, daß Laplace früher als Lexell die kreisförmige Bahn des Uranus bestimmt habe, ebensowenig als es mir möglich sein würde zu behaupten, daß dem petersburger Astronomen die Priorität vor dem berühmten französischen Mathematiker zuzuschreiben sei*). Nur dem Präsidenten de Saron erkannten alle Mitbewerber selbst seine Rechte zu. Die Gerechtigkeit erfordert es also, wie mir scheint, zuerst de Saron zu nennen, weil er im Widerspruch mit der

*) Die Priorität würde Lexell zu gehören scheinen, wenn man einem Memoire glauben müßte, worin Lalande von einem aus London im Juni oder Juli 1781 geschriebenen und der pariser Akademie der Wissenschaften mitgetheilten Briefe spricht. Hierauf erwidere ich, daß Lexell selbst dieses Briefes in seiner Arbeit gedenkt; daß er seinen Correspondenten Magellan als die Person nennt, welche davon den pariser Akademikern Kunde gab; daß hier aber nur von einer parabolischen Bahn, die wenigstens die Periheldistanz 8 habe, die Rede ist, „was, setzt Lexell hinzu, dient um diejenigen Akademiker zu überzeugen, welche Zweifel in die von dem würdigen und achtbaren Präsidenten de Saron erhaltenen Resultate setzen, der bei der Discussion von vier Beobachtungen des neuen Gestirns gefunden hatte, daß eine parabolische Bahn mit dem Perihelabstande 14 den Beobachtungen ziemlich gut Genüge leisten würde.“ (4. Bd. der Mem. der petersb. Akad.)

geltenden Ansicht gezeigt hat, daß das neue Gestirn ungemein weit entfernt sei, wenigstens zwei Mal weiter von der Sonne als Saturn*), und dann ohne Unterschied Lexell und Laplace den ersten Beweis, daß eine kreisförmige Bahn ziemlich gut sämmtlichen Beobachtungen Genüge leiste, zuzuschreiben.

Die elliptischen Elemente des Herschel'schen Gestirns sind zuerst von Laplace und Méchain berechnet worden. Die Laplace'schen Elemente wurden der pariser Akademie im Monat Januar 1783 mitgetheilt; sie stehen in der Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes.

Herschel nahm an dem langen Streite, welcher der Ankündigung seiner schönen Entdeckung folgte, keinen Theil; als jedoch die Untersuchungen von de Saron, Laplace, Lexell gezeigt hatten, daß der am 13. März 1781 entdeckte bewegliche Stern nicht ein Komet, wie anfangs geglaubt, sondern ein großer an den Grenzen unseres Sonnensystems gelegener Planet war, nahm er das ihm unbestreitbar zustehende Recht in Anspruch, diesem neuen Gestirn einen Namen zu geben. Herschel schlug als Namen Georgium sidus (Georgsstern)**) vor. Der Astronom bezeugte auf diese Weise seine gerechte Erkenntlichkeit gegen den Souverain, der ein Freund der Wissenschaften war und ihn soeben in eine unabhängige Lage versetzt hatte. Lexell bemerkte mit Recht, daß in dem Worte sidus (Stern) die auf den vorliegenden Fall nicht passende Vorstellung der Unbeweglichkeit läge; er schlug vor, den neuen Planeten den Neptun Georg des Dritten zu nennen. „Dies würde, sagt er, ein Mittel sein, das Andenken an die großen Heldenthaten, welche die englischen Flotten während der zwei letzten Jahre ausgeführt haben, zu verewigen.“ Für dies Mal war die Schmeichelei eigenthümlich. Ich will hier nicht die Heldenthaten discutiren; aber war es nicht komisch, daß man um sie zu ver-

*) Wenn man das Verdienst des Nachweises, daß die Entfernung des neuen Gestirns ganz außerordentlich groß sei, etwa in Frage stellen sollte, so will ich anführen, daß Méchain, gegen dessen Geschicklichkeit als Rechner niemals ein Zweifel erhoben worden ist, bei seinen ersten Berechnungen für die Periheldistanz 0,46 anstatt 18,28 fand.

**) Horaz hatte gesagt Julium sidus.

ewigen eine Entdeckung zu wählen vorschlug, die in keiner Beziehung Engländern gehörte? Es war der Hannoveraner Herschel, der die eigene Bewegung des neuen Gestirns erkannte; es waren die Untersuchungen und Berechnungen der Franzosen und Deutschen, welche seine Natur festsetzten und daraus in Wahrheit einen Planeten machten.

In Frankreich wünschte Lalande, daß man dem schon unter gleichen Umständen von den Anatomen und Botanikern angenommenen Brauche folgte; er verlangte mehrere Jahre mit großer Lebhaftigkeit, der neue Planet solle Herschel genannt werden. Seine Beharrlichkeit blieb ohne Resultat; die Freunde der Mythologie trugen den Sieg davon; aber auch auf diesem Gebiete gab es Spaltungen.

Prosperin glaubte sich des Erfolges sicher, als er den Namen Neptun vorschlug. Hätte sich dann nicht Saturn zwischen seinen zwei Söhnen befunden, deren einer, Jupiter, näher, der andere, Neptun, entfernter von der Sonne war, als er?

Lichtenberg vermochte nicht durchzudringen, als er den Namen Asträa vorschlug, gestützt auf die epigrammatische Betrachtung, daß die Göttin der Gerechtigkeit, indem sie die Erde verließ, wo sie vergeblich ihr Reich zu gründen versucht, aus Verdruß möglichst weit von unserem Planeten fliehen mußte.

Poinsinet wußte nicht, was man der von ihm getroffenen Wahl des Namens Cybele entgegensetzen könnte. Da bereits die Väter der Götter, Saturn und Jupiter, einen Platz am Himmel einnahmen, schien es ihm unangemessen, daß ihre Mutter noch längere Zeit von dort verbannt bleiben sollte.

Bode seinerseits erörterte mit voller Zuversicht den Grund, weshalb er den Namen Uranus vorgezogen hatte. Man war dem ältesten der Götter eine Genugthuung schuldig; eigneten sich übrigens nicht die in die Tiefen unseres Systemes versenkten Regionen wunderbar für den ehrwürdigen Greis?

Der Name Uranus hat die Oberhand behalten [3]).

Wenn Lalande mit seinem Projecte, Herschel eine Art Apotheose zu schaffen, scheiterte, so hat er wenigstens zur Bezeichnung des Platen ein Zeichen (♅ oder ⛢) eingeführt, dessen Gestalt an den Anfangsbuchstaben des berühmten Astronomen von Slough erinnert.

Dies Zeichen ist jetzt in Frankreich, England, Italien u. s. w. im Gebrauch. Die Deutschen haben das Zeichen ⛢ vorgezogen, welches Köhler in Dresden von Anfang an vorschlug, um gleichzeitig den Uranus in der Astronomie und das Platin in der Chemie darzustellen*).

Drittes Kapitel.

Aeltere Beobachtungen des Uranus.

Unter Voraussetzung einer kreisförmigen, oder auch schwach elliptischen Bahn des Uranus mußte dieses neue Gestirn, von dem Lichte des Tages und der Dämmerung abgesehen, zu allen Zeiten gleich sichtbar gewesen sein. Wie mochte es also kommen, daß es vor Herschel niemals bemerkt worden war? Durch welches Geschick hatten die Astronomen, die so aufmerksam auf die Bestimmung der Zodiakalsterne waren, vernachlässigt, einen zu beobachten, der stets dieser Klasse zugehört hatte, und seinem Glanze nach der sechsten Größe, d. h. den letzten der mit bloßen Augen sichtbaren Sterne zugezählt werden mußte?

Was die Beobachtungen von 1781 betrifft, so vermochten diese Bedenken sicherlich nicht die Resultate der directen und vollkommen überzeugenden Rechnungen von Laplace und Lerell umzustoßen; sie konnten aber wohl zu der Annahme führen, daß der neue Himmelskörper sich erst seit wenigen Jahren in einem Kreise bewegte; daß er ein Komet gewesen, dessen Bahn durch die Störungen geändert worden wäre; ein Komet, der, nachdem er Jahrhunderte hindurch sehr langgestreckte krumme Linien beschrieben, durch die störende Einwirkung der Planeten sich gezwungen gesehen, eine Ellipse ohne merkliche Excentricität zu beschreiben.

---

*) Der Pater Hell ließ Medaillen von Platina zur Erinnerung an Herschel's Entdeckung schlagen. Ich erinnere hier daran, daß die folgenden Zeichen gleichzeitig von den alten Chemikern gebraucht wurden, um einige der Hauptmetalle, und von den Astronomen, um die großen Körper des Sonnensystemes zu bezeichnen.

Gold	Silber	Quecksilber	Kupfer	Eisen	Zink	Blei
☉	☾	☿	♀	♂	♃	♄
Sonne	Mond	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn.

Eine Bemerkung von Bode beseitigte diese Zweifel und Vermuthungen. Beim aufmerksamen Durchsuchen der Verzeichnisse der Zodiakalsterne fand dieser Gelehrte, daß Mayer 1756 in dem Sternbilde der Fische einen Stern sechster Größe beobachtet hatte, wovon er im Jahre 1781 keine Spur weder an dem Platze, wo ihn der berühmte göttinger Astronom sah, noch auch in der Nachbarschaft auffand. Infolge der kreisförmigen Bahn von einem 19mal größern Halbmesser als der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, war dieser Ort ungefähr derjenige, welchen der neue Planet zur Zeit von Mayer's Beobachtung eingenommen haben mußte.

Bode ermittelte ferner auf gleiche Weise, daß Flamsteed den fraglichen Himmelskörper unter die Zodiakalsterne der Historia coelestis am 13. December (alten Styls) 1690 eingetragen hatte.

Als Lemonnier seine Register durchging, fand er, daß auch er drei Mal den angeblichen Kometen Herschel's im Jahre 1763 und 1769 beobachtet; Bessel erkannte dieses Gestirn in dem großen Bradley'schen Kataloge unter dem Datum des 3. Decembers 1753; zu der schon von Bode angeführten Beobachtung in der Historia coelestis von Flamsteed fügte Burkhardt noch vier andere vom 2. April 1712, 5. 6. und 11. März 1715. Als Bouvard die handschriftlichen Notizen Lemonnier's, die auf der pariser Sternwarte niedergelegt sind, Zeile für Zeile durchging, fand er neun Beobachtungen, welche dieser ehemalige Akademiker selbst nicht als Positionen des neuen Planeten erkannt hatte*).

*) Unter diesen Beobachtungen sind mehrere von einem und demselben Monat. Wenn diese Aufzeichnungen in Ordnung gehalten, wenn die Bestimmungen von Rectascension und Declination für jeden Tag in regelmäßigen vergleichbaren Columnen eingetragen gewesen wären, so würde ein Blick darauf Lemonnier im Januar 1769 haben erkennen lassen, daß er einen mit eigner Bewegung begabten Himmelskörper beobachtete, und anstatt Herschel's Namen würde der Name dieses Astronomen für immer an einen der Hauptplaneten unseres Sonnensystemes geknüpft sein. Lemonnier's Beobachtungsverzeichnisse waren aber ein Bild des Chaos. Bouvard hat mir damals gezeigt, daß eine der Beobachtungen des Planeten Uranus auf eine Papierdüte geschrieben war, die ehemals Haarpuder enthalten hatte und bei einem Parfumeur gekauft worden war.

Viertes Kapitel.

Größe des Uranus. — Seine Gestalt. — Seine Umdrehung.

In seinem mittleren Abstande von der Erde beträgt der Winkeldurchmesser des Uranus ungefähr 4″; sein wirklicher Durchmesser ist 4,3, wenn der Erddurchmesser gleich 1 gesetzt wird. Sein Volumen ist also ungefähr das 82fache vom Volumen der Erde.

Die Abhandlung vom 26. April 1781, in welcher Herschel die Entdeckung des Uranus ankündigte, enthält auch Mikrometermessungen des scheinbaren Durchmessers des neuen Gestirns; diese Messungen wurden mit zwei Mikrometern gemacht, deren Einrichtung der Verfasser nicht angibt, bei 932-, 460- und 227facher Vergrößerung. Herschel fand für diesen Durchmesser am 17. März 1781 2″9; am 2. April 4″4; am 15. April 5″3. Diese ersten Werthe des scheinbaren Durchmessers des Uranus differirten untereinander bei weitem mehr, als es mit der Kreisform der Bahn verträglich war. Die Schätzungen der andern Astronomen wichen noch weiter ab. So gaben Maskelyne 3″, Lerell wenigstens 5″, die mailänder Beobachter 6 bis 7″, Mayer in Mannheim 10″ an.

Hieraus folgten für das Volumen Schwankungen im Verhältniß von 1 : 37. In diesem kläglichen Zustande der Unsicherheit konnte Herschel die Größe des neuen Planeten nicht lassen. Trotz der ungeheuern Schwierigkeit, auf welche man unvermeidlich beim Messen sehr kleiner Winkel stößt, mußte doch die große Vollkommenheit der Teleskope zu Slough, so wie die starke Vergrößerung, welche diese Instrumente vertrugen, wenn nicht mathematisch genaue Resultate, so doch wenigstens eine beträchtliche Verminderung in den Grenzwerthen der möglichen Fehler hoffen lassen. Dies war der Gegenstand einer Abhandlung, welche Herschel am 7. November 1782 der königlichen Gesellschaft zu London vorlegte, und die in dem 73. Bd. der Philosophical Transactions erschienen ist.

Dies Mal bediente sich der berühmte Astronom des Lampenmikrometers von seiner eigenen Construction (Bd. 12, S. 63) und auch des Fadenmikrometers. Folgendes sind die von ihm erhaltenen Resultate:

Zeit der Beobachtung.	Angewandtes Mikrometer.	Vergrößerung.	Gemessener scheinbarer Durchmesser.
19. Nov. 1781	Fadenmikrometer.	227 Mal	5″2
28. Nov. 1781	Lampenmikrometer.	227 „	5,0
9. Sept. 1782	Fadenmikrometer.	460 „	4,2
4. Oct. 1782	Lampenmikrometer.	227 „	3,7
12. Oct. 1782	Dasselbe.	227 „	4,2
19. Oct. 1782	Dasselbe.	227 „	3,8
26. Oct. 1782	Dasselbe.	227 „	3,5
4. Nov. 1782	Dasselbe.	227 „	4,3

Die Uebereinstimmung war auch hier nicht so vollständig als man wünschen mußte, wie auch der Verfasser selbst einräumte. Aus der Gesammtheit aller dieser Resultate wagte er nur zu schließen, daß der scheinbare Durchmesser des Uranus nicht merklich größer, aber auch nicht merklich kleiner sein könne als 4″; daß der wahre Durchmesser des neuen Planeten zwischen dem Vierfachen und dem Vierundeinhalbfachen des wirklichen Durchmessers der Erde liege.

Die Astronomen nehmen jetzt alle einen scheinbaren Durchmesser von 3″9 bei dem mittleren Abstande des Planeten von der Erde an, woraus die nachstehende Figur (Fig. 347) für die scheinbare Größe des



Fig. 347. — Scheinbare Größe der Scheibe des Uranus in der mittleren Entfernung des Planeten von der Erde.

Uranus hervorgeht, wenn solche auf dieselbe Scale (1 Millimeter für 1 Secunde) reducirt wird, wie sie in den übrigen Zeichnungen, welche in diesem Werke die scheinbaren Größen der Scheiben des Merkur, der Venus, des Mars, Jupiter und Saturn darstellen, angenommen ist.

In Herschel's Abhandlung von 1782 findet sich auch der erste Versuch die Gestalt des Uranus zu bestimmen. Unter dem 13. October 1782 äußert sich der berühmte Astronom, daß ihm bei seinen Beobachtungen des Planeten mit 227-, 278-, 460- und selbst 625-facher Vergrößerung die Scheibe des Planeten vollkommen begrenzt und kreisförmig erschien. Er zweifelt nicht, daß eine Abplattung, wie sie der Jupiter zeigt, damals vollkommen wahrnehmbar gewesen sein würde.

Später boten sich dem großen Astronomen Spuren einer Abplattung dar. Am 26. Februar 1794 z. B. schrieb er in sein Beobachtungsjournal: „Zwanzigfüßiges Teleskop; 480fache Vergrößerung: der Planet erscheint in der Richtung der großen Axen der Bahnen seiner Monde etwas verlängert."

Im folgenden Jahre, am 21. April 1795: „Im zehnfüßigen Teleskop mit 400facher Vergrößerung erhielt der Planet eine schwach elliptische Gestalt. Diese elliptische Gestalt bestand fort, als das erste Ocular durch ein zweites ersetzt wurde, welches die Vergrößerung bis auf das 600fache steigerte."

Unter allen Versuchen Herschel's zur Ermittelung der wahren Gestalt des Uranus war für ihn in Betreff der Existenz einer Abplattung am überzeugendsten die Beobachtung vom 5. März 1792. Er benutzte dabei einen frisch polirten Spiegel von 20 Fuß Brennweite, mit Vergrößerungen von 240, 300, 600, 800, 1200, ja selbst 2400 Mal, und erhielt stets dasselbe Resultat.

Eine Gestalt, die sich in gleicher Weise mit so verschiedenen Vergrößerungen und mit Teleskopen von 6, 10 und 20 Fuß Länge ergeben hatte, schien nicht ein Resultat bloßer optischer Täuschungen sein zu können. „Ich schließe daraus, sagt Herschel, ohne Bedenken, daß der Georgsplanet sich mit einer großen Geschwindigkeit um seine Axe dreht."

Mädler hat durch neuere Beobachtungen ebenfalls das Vorhandensein einer merklichen Abplattung von $^1/_{10}$ zu bestätigen geglaubt [4]). Der kürzeste Durchmesser würde nicht auf der Ebene der Bahn senkrecht stehen, sondern mit ihr einen Winkel von 76° bilden. Indeß stimmen in dieser Beziehung andere Astronomen mit dem gelehrten dorpater Beobachter nicht überein. Otto Struve z. B. sagt, daß er mit dem mächtigen pulkowaer Fernrohre die Scheibe des Uranus vollkommen rund gefunden habe.

Die große Rotationsgeschwindigkeit ist wohl nicht zweifelhaft, wenn eine merkliche Abplattung existirt; ich weiß aber keinen Grund anzugeben, warum Herschel niemals den Werth der letztern genauer bestimmt hat. Die Frage, ob zwischen zwei auf einander senkrechten Durchmessern einer Scheibe ein Unterschied existirt, ist sicher leichter zu beant-

worten durch Mikrometermessungen als durch den bloßen Anblick einer vergrößerten Scheibe. Ist ein solcher überhaupt sichtbar, so wird er auch der messenden Kraft der Fernröhre nicht entgehen.

Bei Jupiter und Saturn machen die Bahnen der Monde nur sehr kleine Winkel mit der Aequatorebene des entsprechenden Planeten. Wenden wir der Analogie nach dieses Resultat auf den Uranus an, so gelangen wir zu einer merkwürdigen Folgerung: wir finden, daß die hypothetische Umdrehungsaxe dieses Planeten beinahe in die Ekliptik gelegt werden muß, denn seine Monde bewegen sich senkrecht auf diese Ebene. Es wird also Zeiten geben, wo die Abplattung, welche sie auch sein möge, nicht sichtbar ist. Ein Ellipsoid erscheint offenbar als ein Kreis, wenn die Verlängerung seiner Umdrehungsaxe durch das Auge des Beobachters geht. Uranus wird also keine Spur einer elliptischen Gestalt darbieten, wenn seine kleine Axe nach der Erde hin gerichtet ist, also zwei Mal während jedes Umlaufs des Planeten um die Sonne.

Bei seinen teleskopischen Forschungen in den Jahren 1787 (mit einem 20füßigen Instrumente) und 1789 glaubte Herschel mehrere Male den Uranus von zwei auf einander senkrecht gestellten Ringen umgeben zu sehen. Diese Form blieb bei Vergrößerungen von 157, 300, 480, 589, und auch noch, als der Spiegel oder das Ocular um seine Axe gedreht wurde. Da jedoch eine am 26. Februar 1792 mit einem 6füßigen Teleskope gemachte Beobachtung die Ringerscheinung während $3^1/_2$ Stunden in derselben Lage in Bezug auf das Rohr des Teleskops gezeigt hatte, obwohl in dieser langen Zeit eine beträchtliche Veränderung durch die tägliche Umdrehung des Himmels eingetreten sein mußte, so entschied sich Herschel dahin, daß Uranus keinen Ring besitze.

Fünftes Kapitel.

Monde des Uranus.

Die ungeheure Entfernung des Uranus, sein kleiner Winkeldurchmesser, seine schwache Lichtintensität gaben kaum der Hoffnung

Raum, daß falls dieser Planet Satelliten haben sollte, deren Größe zu seiner eigenen in demselben Verhältnisse stände, wie die Monde des Jupiter und Saturn zu ihrem Hauptplaneten, es einem Beobachter gelingen dürfte, sie von der Erde aus wahrzunehmen. Herschel war aber nicht der Mann sich durch solche entmuthigende Bedenken zurückhalten zu lassen. Da ihm mächtige Teleskope nach der gewöhnlichen Construction, d. h. mit zwei conjugirten Spiegeln, Nichts gezeigt hatten, so ersetzte er sie im Anfange des Januars 1787 durch Front-view-Teleskope, welche die Objecte in viel stärkerem Lichte zeigten, weil der kleine Spiegel beseitigt und mit ihm eine der Ursachen für den Lichtverlust verschwunden war.

Als sich Herschel am 11. Januar 1787 eines Front-view-Teleskops, dessen Dimensionen nicht angegeben sind*), bediente, sah er den Uranus von einigen kleinen Sternen umgeben. Ihre Stellungen in Bezug auf den Planeten wurden mit aller möglichen Genauigkeit verzeichnet. Am folgenden Tage waren zwei dieser kleinen Sterne verschwunden!

Dieses Anzeichen von dem Vorhandensein der Monde veranlaßte die sehr sorgfältigen Beobachtungen vom 14., 17., 18., 24. Januar, 4., 5. und besonders vom 7. Februar. An dem letzten Tage beobachtete der berühmte Astronom unausgesetzt neun aufeinanderfolgende Stunden, und er hatte die Freude, einen Mond sich allmälich durch einen beträchtlichen Theil seiner Bahn bewegen zu sehen. Die Existenz eines zweiten Mondes wurde erst am darauf folgenden 9. Februar völlig festgestellt.

Wenngleich diese Beobachtungsweise bis zum 11. Februar ausgedehnt wurde, so gestattete sie doch noch nicht mit großer Genauigkeit die Zeit anzugeben, welche die beiden Monde zum Durchlaufen des ganzen Umfanges ihrer Bahnen gebrauchten. Auch beschränkte sich Herschel in seiner gewohnten Aufrichtigkeit auf folgende Schlüsse daraus:

*) Nach dem, was ich in einer Abhandlung Herschel's von 1815 finde, ist klar, daß er zur Beobachtung der Uranusmonde gewöhnlich 20füßige Teleskope angewandt hat. Kürzere Teleskope zeigten selbst nicht die hellsten dieser kleinen Gestirne.

Der synodische Umlauf des dem Uranus nächsten Mondes erfolgt in ungefähr $8^3/_4$ Tagen.

Die synodische Umlaufszeit des zweiten beträgt nahe $13^1/_2$ Tage.

Die Ebenen beider Bahnen bilden mit der Ekliptik beträchtliche Winkel.

Herschel suchte, wie man erwarten wird, diese ersten erhaltenen Resultate zu erweitern. In einer vom 14. December 1797 (Phil. Transact. Bd 78) datirten Abhandlung kündigte er an, daß er vier neue Monde entdeckt habe, wodurch also die Gesammtzahl auf sechs stieg.

Die relativen Positionen dieser sechs Uranusmonde und das Datum ihrer Entdeckung finden sich in der folgenden kleinen Tabelle, die ich aus Herschel's Abhandlung entnehme, verzeichnet:

	Tag der Entdeckung.
Erster Mond, der nächste am Planeten . .	18. Januar 1790.
Zweiter Mond, der nächste am Planeten von den beiden ältern	11. Januar 1787.
Dritter Mond	26. März 1794.
Vierter Mond, der entferntere der beiden ältern	11. Januar 1787.
Fünfter Mond	9. Februar 1790.
Sechster Mond, unter allen am weitesten abstehend von dem Planeten	28. Februar 1794.

Herschel hatte so große Schwierigkeiten gefunden, nicht nur bei der Beobachtung, sondern, was mehr ist, schon beim Wahrnehmen dieser fast unsichtbaren Gestirne überhaupt; es war ihm so oft begegnet, sehr kleine zufällig in der Nachbarschaft des Planeten befindliche Sternchen für die Monde zu halten, daß er es zur Zeit seiner zweiten Abhandlung kaum wagte, die Frage nach der Dauer der periodischen Umläufe zu berühren. Um nichtsdestoweniger die Wißbegierde der Astronomen zu befriedigen, stellte er folgende Resultate hin:

	Dauer des Umlaufs.	
1. Mond.	5 T. 21 St. 25 M.	Hergeleitet nach dem dritten Keppler'schen Gesetze aus der bekannten Umlaufszeit des zweiten Mondes, und aus der Voraussetzung, daß der Halbmesser der Bahn des ersten Mondes einen Winkel von 25″5 umspannt.

	Dauer des Umlaufs.	
2. Mond.	$8^3/_4$ T.	Im Jahre 1787 bereits bestimmt.
3. Mond.	10 T. 23 St. 4 M.	Hergeleitet aus der Hypothese, daß dieser Mond gerade in der Mitte des Intervalles zwischen dem zweiten und vierten steht, oder daß sein Abstand vom Mittelpunkte des Planeten 38″6 beträgt.
4. Mond.	$13^1/_2$ T.	Bestimmt im Jahre 1787.
5. Mond.	38 T. 1 St. 49 M.	Hergeleitet aus einer Beobachtung des Abstandes, welche diesen fünften Planeten zwei Mal weiter vom Planeten setzte als den vierten.
6. Mond.	107 T. 16 St. 40 M. wenigstens.	Hergeleitet aus einer Beobachtung, woraus hervorging, daß dieser sechste Mond wenigstens vier Mal so weit vom Planeten entfernt war, als der vierte.

Diese Resultate sind ziemlich wenig befriedigend, und dessenungeachtet haben sie noch den Schein von Genauigkeit; es ist aber nicht in der Ordnung, bis auf Minuten genau berechnete Zahlenwerthe anzugeben, zu deren Bestimmung andere Zahlen beigetragen haben, die selbst mit Fehlern von mehreren Stunden behaftet sein können.

Das Wichtigste, was sich in der Abhandlung von 1797 findet, ist die ohne alle weitern Zusatz angeführte Thatsache: „Ich benutze die Gelegenheit auszusprechen, daß die Bewegung der Georgian satellites rückläufig ist.“

Die dritte und letzte Abhandlung Herschel's über die Uranusmonde ist vom 8. Juni 1815. Mehrere Astronomen hegten ernstliche Zweifel an der Existenz der vier in der Abhandlung von 1797 angekündigten Monde. Mittelst verschiedener im Laufe des Jahres 1798 ausgeführten Beobachtungen fügte Herschel neue Beweise zu denen hinzu, die er bereits in Betreff der eigenen Bewegung der vier kleinen im Jahre 1797 neben dem Uranus wahrgenommenen Sterne vorgelegt hatte; nichtsdestoweniger sieht man deutlich, daß seine Absicht noch dahin geht, sich in dieser Beziehung innerhalb der Grenze bloßer Wahrscheinlichkeit zu halten.

Bezüglich der beiden ersten, nämlich der im Jahre 1787 entdeckten Monde, vervollkommnet Herschel in seiner Abhandlung von 1815 die Theorie beträchtlich. Eine sorgfältige Discussion liefert ihm für die Zeit ihres synodischen Umlaufs, die er früher nur in Bruchtheilen von Tagen angegeben hatte:

8 T. 16 St. 56 M. 5 S.
13 = 11 = 8 = 59 =

Den aufsteigenden Knoten der Bahnen setzt Herschel in 165° 50′.

Die Neigung der Bahnebenen gegen die Ebene der Ekliptik findet er 78° 58′.

Endlich erneuert er seine Behauptung von 1797 in Betreff der Bewegungsrichtung der beiden Monde; er spricht unzweideutig folgendes Resultat aus, das, die Kometen ausgenommen, als die einzige Anomalie in der Gesammtheit der Bewegungen unseres Sonnensystemes dasteht: „Die beiden Uranusmonde kreisen um den Hauptplaneten in rückläufiger Bewegung"; oder was dasselbe nur in anderen Worten aussagt: „Diese Monde durchlaufen die nördlichen zwischen den aufsteigenden und absteigenden Knoten ihrer Bahnen gelegenen Bogen in der Richtung von Ost nach West."

Von den beiden unbestrittenen Monden würde nach Herschel der erste, d. h. der dem Planeten nächste, im Allgemeinen heller sein als der andere.

Indeß hat der große Astronom von Slough bei anhaltender Beobachtung der beiden Monde auch zu finden geglaubt, daß ihre relativen Helligkeiten stark variiren, und daß der zweite bisweilen den ersten übertrifft.

Diese Veränderungen ließen sich nach Herschel erklären entweder durch eine Rotationsbewegung der Monde, woraus folgen würde, daß diese kleinen Gestirne während jedes Umlaufes um den Planeten uns nacheinander die verschiedenen ohne Zweifel ungleich stark leuchtenden Theile ihrer Oberfläche zukehren; oder, im Fall die Helligkeitsänderungen nicht regelmäßig eintreten, durch das Vorhandensein von Atmosphären, welche mehr oder weniger ausgedehnte Theile der innern dunklen Körper bedecken oder allmälich wieder freilegen, wie dies an der Sonne, dem Jupiter und dem Saturn beobachtet wird.

Aus allen in der Abhandlung von 1797 angeführten Beobachtungen ergab sich, daß die Uranusmonde niemals sichtbar sind, wenn ihr Winkelabstand von dem Planeten unterhalb einer gewissen Grenze liegt, die für den ersten Mond 14" und für den zweiten 17" beträgt.

Ein solches Verschwinden kann nicht dem Einflusse einer Atmosphäre des Uranus zugeschrieben werden, weil die Erscheinung in gleicher Weise eintritt, der Mond mag sich in dem vordern oder hintern Theile seiner Bahn befinden. Ebensowenig würde man Grund haben, die Ursache desselben in Rotationsbewegungen zu suchen, infolge deren von gewissen Abständen vom Planeten an, die Monde uns verhältnißmäßig dunkle Flächen zukehrten; denn unter übrigens gleichen Umständen verschwinden sehr kleine Fixsterne in denselben Abständen wie die Monde. Man hat in alle dem nur eine Bestätigung zu sehen für den optischen Grundsatz: ein starkes Licht hindert, sehr schwache in seiner Nähe befindliche Lichter wahrzunehmen; nur ist es hier eigenthümlich, daß Uranus die Rolle eines starken Lichtes spielt.

Man würde sich fragen können: Entstand die leuchtende Hülle, wovon Uranus umgeben war, und welche die Monde und die sehr kleinen Sterne verschwinden ließ, in den Brennpunkten der Teleskope durch Abweichungen der Spiegel, oder entstand sie in dem Auge infolge matter Stellen der Hornhaut? Um diese Frage zu beantworten, würde es genügt haben zu untersuchen, ob beim Bedecken des Uranus mit einem in den Brennpunkt gestellten dünnen Drahte der Mond in solchen Entfernungen wieder sichtbar würde, wo er zuvor, während der Planet im Felde war, nicht wahrgenommen werden konnte. Es ist Schade, daß Herschel nicht daran gedacht hat, derartige Beobachtungen anzustellen.

Herschel's Arbeit würde unvollständig gewesen sein, wenn er nicht in Bogensecunden die Elongationen der beiden Monde angegeben hätte. Nichts war übrigens mehr geeignet, die Schwierigkeiten zu zeigen, mit welchen die Beobachtungen dieser wahrhaft mikroskopischen Gestirne verbunden waren. An diesem Punkte angelangt, zögert der Astronom; die Abweichungen unter den einzelnen Resultaten treten ihm störend vor die Seele; gezwungen einen Ausspruch zu thun,

bleibt er für die Zeit seiner Beobachtungen bei 36″ als wirklicher Elongation des ersten, und bei 48″ als Elongation des zweiten Mondes stehen.

Einige Zeilen werden hinreichen, das Wenige, was wir seit den im Vorstehenden berichteten Arbeiten William Herschel's über die Uranusmonde erfahren haben, anzuführen.

Aus seinen eigenen Beobachtungen in den Jahren 1828, 1830, 1831 und 1832 hat der Sohn des großen Astronomen für die periodischen Umlaufszeiten der beiden Monde von 1787, der einzigen, die er mit seinem zwanzigfüßigen frisch polirten Teleskope zu sehen vermochte, folgende Werthe angegeben:

8 T.	16 St.	56 M.	31,3 S.
13 =	11 =	7 =	12,6 =

Die Untersuchungen Sir John Herschel's sind vom Jahre 1834, und erschienen im folgenden Jahre im 8. Bande der Sammlung, welche die astronomische Gesellschaft herausgibt. Die Abhandlung, über welche ich jetzt berichten will, ist noch neuer, sie steht in den Philosophical Transactions von 1838, und hat Lamont, Director des königlichen Observatoriums in München, zu ihrem Verfasser. In derselben finde ich die Umlaufszeiten der beiden Monde angegeben:

8 T.	16 St.	56 M.	28,5 S.
13 =	11 =	7 =	6,3 =

Für die Halbmesser ihrer als Kreise angenommenen Bahnen gibt Lamont

31″3
40,1.

Diese beiden letzten Resultate beziehen sich auf einen Abstand des Planeten von der Erde, welcher 19,223mal die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde übertrifft.

Lamont hat bei seinen Beobachtungen der beiden genannten Monde des Uranus deutliche Anzeichen der Ellipticität ihrer Bahnen wahrzunehmen geglaubt, und es sich vorbehalten, später auf eine specielle Prüfung dieser schwierigen Frage zurückzukommen. Seine jetzigen Rechnungen sind ebenso wie die von William und John Herschel unter der Voraussetzung kreisförmiger Bewegungen ausgeführt worden.

Lamont gibt in seiner Abhandlung auch an, daß er den sechsten damals bekannten Uranusmond am Abend des 1. October 1837 gesehen und beobachtet habe.

Die Masse des Uranus, welche Lamont aus seinen Beobachtungen der beiden größten Monde herleitet, ist $^1/_{24600}$, also um $^1/_4$ kleiner als die von Bouvard aus den vom Planeten erzeugten Störungen berechnete.

William und John Herschel haben sich für ihre Beobachtungen der Uranusmonde 40- und 20füßiger Teleskope bedient; Lamont benutzte ein achromatisches in München construirtes Fernrohr von 15 Fuß Länge und $10^1/_2$ par. Zoll Oeffnung.

Sir John Herschel hat den Astronomen ein Kriterium angegeben, wonach sie im Stande sind im Voraus zu beurtheilen, ob ihre Instrumente hinreichend lichtstark sind und ihr Auge hinreichend fein, um sich mit einiger Aussicht auf Erfolg auf die Untersuchung der Uranusmonde einlassen zu können. Es besteht in Folgendem:

Zwischen den Sternen β^1 und β^2 des Steinbocks, gegen die Mitte ihres Abstandes in Rectascension, ein wenig nordwärts von der sie verbindenden geraden Linie, liegt ein Doppelstern, der aus zwei Sternen 16. und 17. Größe besteht, die ungefähr 3″ von einander entfernt sind. Jedes Instrument, das nicht diese beiden Sterne 16. und 17. Größe deutlich zeigt, kann bestimmt nicht zur Beobachtung der Uranusmonde dienen. Denn Sir John Herschel hat in seinem astronomischen Tagebuche, ich weiß nicht unter welchem Datum, folgende entscheidende Bemerkung gefunden: „Die beiden Sterne des zwischen β^1 und β^2 im Steinbock stehenden Doppelsterns sind im Vergleich mit den Uranusmonden glänzende Objecte."

Sir John Herrschel gibt noch als eine nothwendige Bedingung bei der Beobachtung dieser Monde eine wenigstens 300fache Vergrößerung an, welches übrigens auch die Oeffnung und sonach die Lichtstärke des angewandten Instrumentes sein möge. Sein Vater hat sich nicht ganz so bestimmt ausgesprochen. Vergrößerungen von 300 und darüber schienen ihm nur zum andauernden Sehen der Monde unumgänglich nothwendig. William Herschel entdeckte sie mit einer nur 157fachen Vergrößerung; er sah sie aber damals nur auf Augen-

blicke, wie Funken. Die anhaltende Beobachtung wurde erst mit 300-, 600- und 800fachen Vergrößerungen möglich.

Eine neuere Entdeckung hat der Erforschung der Uranuswelt ein neues Interesse verliehen. Am 24., 28., 30. October und 2. November 1851 hat Lassell deutlich zwei neue Monde beobachtet, welche noch näher an dem Planeten liegen als der erste Mond William Herschel's, dessen Umlaufszeit ungefähr 5 Tage und 21 Stunden beträgt.

Durch diese Entdeckung Lassell's ist die Zahl der Uranusmonde jetzt auf 8 gestiegen, und die früher durch Herschel's Arbeiten festgestellten Ordnungszahlen der Monde nach ihrer Entfernung vom Planeten müssen danach geändert werden.

Nach dieser neuen Reihenfolge sind von den acht Uranusmonden der vierte und sechste die hellsten; auch sind ihre Umlaufszeiten mit großer Genauigkeit bestimmt.

In Betreff der übrigen Uranusmonde sind ihre Umlaufszeiten im Allgemeinen aus ihren größten Elongationen mittelst des dritten Keppler'schen Gesetzes hergeleitet worden.

Zwei von diesen acht Monden sind seit der Ankündigung ihrer Entdeckung durch William Herschel von keinem Astronomen gesehen worden. Man würde also, streng genommen, an ihrer Existenz zweifeln können. Der dritte ist vor Kurzem von Lassell in Liverpool und von Otto Struve in Pulkowa beobachtet; den fünften zwischen den beiden hellsten liegenden hat Lassell mittelst eines sehr starken Teleskops gesehen.

Die Bahnen des vierten und sechsten Mondes stehen fast senkrecht auf der Ekliptik; ihre Neigungen gegen diese Ebene sind nicht unter 79°.

Die mittleren Abstände der Monde vom Uranus, den Durchmesser des Planeten selbst als Einheit genommen, und die Umlaufszeiten sind folgende:

Nummer.	Mittlerer Abstand.		Umlaufszeit.			
1	7,44	2,52 Tage od.	2 T.	12 St.	28 M.	48 S.
2	10,37	4,14 = =	4 =	3 =	27 =	22 =
3	13,12	5,89 = =	5 =	21 =	25 =	55 =
4	17,01	8,71 = =	8 =	16 =	55 =	12 =
5	19,85	10,96 = =	10 =	23 =	3 =	50 =

Nummer.	Mittlerer Abstand.	Umlaufszeit.	
6	22,75	13,46 Tage od.	13 T. 11 St. 6 M. 43 S.
7	45,51	38,08 = =	38 = 1 = 48 = — =
8	91,01	107,69 = =	107 = 16 = 39 = 22 =

Die Zeiten der Entdeckung dieser kleinen Gestirne sind:

Nummer in der Reihenfolge nach dem Abstande.	Nummer in der Reihenfolge nach ihrer Entdeckung.	Zeit der Entdeckung.
1	7	October 1851.
2	8	October 1851.
3	3	18. Januar 1790.
4	1	11. Januar 1787.
5	6	26. März 1794.
6	2	11. Januar 1787.
7	4	9. Februar 1790.
8	5	28. Februar 1794.

Zum Schluß wiederhole ich nochmals, daß die Uranusmonde ihre Ellipsen um den Planeten in rückläufiger Bewegung, oder in der Richtung von Ost nach West zurücklegen. Die eigenen Bewegungen dieser Körper erfolgen also (die Kometen bei Seite gelassen) in einer entgegengesetzten Richtung, als die eigenen Bewegungen aller Hauptplaneten, ihrer Monde und alle bekannten Rotationsbewegungen. Es ist dies, um es beiläufig zu erwähnen, ein starker Einwand gegen die am meisten in Ansehen stehenden kosmogonischen Systeme.

Einunddreißigstes Buch.

Neptun.

Erstes Kapitel.

Aussehen des Neptun. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne.

Der Planet Neptun wurde am 23. September 1846 von Galle in Berlin entdeckt; er stand am Himmel ziemlich nahe an der von Leverrier zufolge seiner merkwürdigen Rechnungen, woraus die Existenz desselben als sehr wahrscheinlich sich ergab, bezeichneten Stelle. Ich hatte vorgeschlagen, diesem Planeten den Namen Leverrier zu geben, wie ich auch gewünscht hätte, daß man dem Uranus den Namen Herschel gelassen hätte; indeß hat meine aus Liebe zu den Wissenschaften und einem gerechtfertigten Nationalgefühl hervorgegangene Ansicht nicht durchzudringen vermocht.

Der Planet Neptun wird durch einen Dreizack, ♆, das Attribut des Meeresgottes, dargestellt.

Der Planet ist nicht mit bloßen Augen sichtbar; er hat das Ansehen eines Sternes achter Größe.

Er bewegt sich sehr langsam in einer Bahn, welche mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 1° 46′ 59″ macht. Die Dauer seines siderischen Umlaufs ist 164 Jahre 266 Tage. Die Dauer seines synodischen Umlaufs, oder der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Conjunctionen beträgt 367 Tage.

Die mittlere Entfernung des Neptun von der Sonne ist 30,04, den mittleren Abstand der Erde von letzterer gleich 1 gesetzt.

Die Excentricität der Bahn ist 0,0087, folglich die Periheldistanz 29,78 und die Apheldistanz 30,30. Neptun entfernt sich also von dem Centralgestirn unseres Planetensystemes bis auf 624 Millionen Meilen und nähert sich niemals mehr als auf 613 Millionen Meilen.

Die Länge des Perihels ist 47° 14′ 37″; die des aufsteigenden Knotens 130° 6′ 52″; und die mittlere Länge der Epoche (1. Januar 1800) 335° 8′ 58″.

Werden die von der Sonne der Erde zugesandten Licht- und Wärmemengen gleich 1 gesetzt, so empfängt die Oberfläche des Neptun nur 0,001.

Zweites Kapitel.

Von der Größe des Neptun.

Der Durchmesser des Neptun beträgt in dem mittleren Abstande des Planeten von der Erde 2″7.

Fig. 348 stellt die scheinbare Scheibe des Neptun in demselben Maaßstabe (1 Millimeter auf 1 Secunde) dar, wie die frühern ana-



Fig. 348. — Scheinbare Größe der Scheibe des Neptun bei mittlerem Abstande des Planeten von der Erde.

logen Figuren die relativen Größen der scheinbaren Scheiben der übrigen Hauptplaneten (Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus) angeben.

Den Durchmesser der Erde zur Einheit genommen, ist der wahre Durchmesser des Neptun 4,8; der letztere Planet hat also ein 110mal größeres Volumen als unsere Erde. Seine Dichtigkeit beträgt 0,222, die der Erde gleich 1 gesetzt. Die Schwere auf der Oberfläche des Neptun, verglichen mit der Schwere auf der Oberfläche der Erde, ist 1,10.

Die Massenbestimmungen des Neptun haben sehr verschiedene Zahlen geliefert; die Masse der Sonne zur Einheit genommen, erhielten durch Rechnung Leverrier $^1/_{9322}$ und Adams $^1/_{6040}$ vor der Ent-

deckung des Planeten. Aus den Beobachtungen hergeleitet wurde diese Masse gefunden von Otto und August Struve $^1/_{14446}$, von Lassell $^1/_{17000}$, von Hind $^1/_{18780}$, von John Herschel $^1/_{18780}$ und von Bond $^1/_{19400}$ [1]).

Drittes Kapitel.

Geschichte der Entdeckung des Neptun.

Im Jahre 1820 lagen vierzig Jahrgänge regelmäßiger Beobachtungen des Uranus vor; und außerdem war dieser Planet von 1690 bis 1771 19mal durch Flamsteed, Bradley, Mayer und Lemonnier beobachtet worden, die damals nicht ahnten, daß der für einen Stern sechster Größe gehaltene Himmelskörper, dessen astronomische Coordinaten sie zufällig bestimmten, unserm Planetensysteme angehörte. Man mußte glauben, daß es mittelst aller dieser Beobachtungsdata, wenn auf sie die analytischen Ausdrücke der durch Jupiter und Saturn veranlaßten Störungen angewandt würden, wie solche sich in dem dritten Bande der Mécanique céleste entwickelt finden, gelingen dürfte Tafeln zu construiren, welche die Bewegung des von Herschel entdeckten Planeten genau darstellten. Die Zahl der Beobachtungen war ziemlich beträchtlich; auch umfaßten dieselben einen hinreichend großen Zeitraum, so daß man nicht die Fehler zu befürchten hatte, welche sich stark geltend machen, wenn man die Bahn eines Gestirns nur aus Beobachtungen von einem zu kleinen Theile seines Laufes bestimmt. Als indeß im Jahre 1821 Alexis Bouvard seine Uranustafeln veröffentlichte, hatte es ihm nicht gelingen wollen, gleichzeitig den ältern und den neuern Beobachtungen in gewünschter Weise zu genügen. „Die Entwerfung von Tafeln für den Planeten Uranus führt, sagte damals der unermüdliche Rechner, zu der Alternative, daß, wenn man die alten Beobachtungen mit den neuen combinirt, die ersten ziemlich gut dargestellt werden, während die zweiten nicht mit der Genauigkeit, welche sie zulassen, wiedergegeben werden; oder daß, wenn man die ersten bei Seite läßt, und nur die andern beibehält, Tafeln entstehen, welche alle gewünschte Genauigkeit bezüglich der neuern Beobachtun-

gen besitzen, den ältern dagegen nicht in genügender Weise entsprechen. Ich mußte also zwischen diesen beiden Wegen eine Auswahl treffen, und ich entschied mich für den zweiten, weil er die meiste Wahrscheinlichkeit zu Gunsten der Wahrheit besitzt. Der Zukunft überlasse ich die Sorge zu ermitteln, ob die Schwierigkeit, beide Systeme von Beobachtungen zu vereinigen, wirklich in der Ungenauigkeit der ältern Beobachtungen ihren Grund hat, oder ob sie von irgend einer fremden Ursache herrührt, welche unbemerkt auf den Gang des Planeten eingewirkt hat."

Die Zukunft entschied bald, daß diese letzte von Bouvard schüchtern ausgesprochene Hypothese die richtige sei. Kaum waren einige Jahre verflossen, so lag schon der Beweis vor, daß die Bouvard'schen Tafeln den neuen Uranusbeobachtungen nicht mehr genügten. Der Gedanke an die Existenz einer unbekannten störenden Kraft stieg damals in dem Geiste aller Astronomen auf. Welches war aber diese Kraft? Im Juni 1829 schrieb Hansen an Bouvard, daß man zur Erklärung der zwischen den täglichen Beobachtungen und den Tafeln des Uranus vorhandenen Differenzen Störungen durch zwei unbekannte Planeten annehmen müsse [2]). Bouvard erkannte seitdem an, daß die Tafeln des Herschel'schen Planeten umzuarbeiten seien, um sie zu vervollkommnen und genau den Betrag der Störungen dadurch kennen zu lernen, und vertraute diese Arbeit im Jahre 1834 seinem Neffen Eugen Bouvard an. Er hegte die Hoffnung, daß man durch Umkehrung des gewöhnlichen Problems der Störungen, dessen Aufgabe ist, die Größe derselben aus der Kenntniß der Bewegungen der störenden Körper zu ermitteln, umgekehrt die Elemente der Bahn des hauptsächlichsten unter diesen Körpern aus den gefundenen Werthen der Differenzen zwischen den beobachteten Positionen des Uranus und den durch die nur den Einfluß des Saturn und Jupiter berücksichtigenden Rechnungen erhaltenen werde ermitteln können. Diese Hoffnung wurde von Bessel getheilt, der unter dem 8. Mai 1840 an meinen berühmten Freund A. von Humboldt schreibt:

„Sie verlangen Nachricht von dem Planeten jenseits des Uranus. Ich könnte wohl auf Freunde in Königsberg verweisen, die aus Mißverständniß mehr davon zu wissen glauben als ich selbst. Ich

hatte die Entwickelung des Zusammenhanges zwischen den astronomischen Beobachtungen und der Astronomie zum Gegenstande einer (am 28. Februar 1840 gehaltenen) öffentlichen Vorlesung gewählt. Das Publikum weiß keinen Unterschied zwischen beiden; seine Ansicht war also zu berichtigen. Die Nachweisung der Entwickelung der astronomischen Kenntnisse aus den Beobachtungen führte natürlich auf die Bemerkung: daß wir noch keineswegs behaupten können, unsere Theorie erkläre alle Bewegungen der Planeten. Die Beweise davon gab der Uranus, dessen alte Beobachtungen gar nicht in Elemente passen, welche sich an die späteren von 1783—1820 anschließen. Ich glaube Ihnen schon einmal gesagt zu haben, daß ich viel hierüber gearbeitet habe, allein dadurch nicht weiter gekommen bin als zu der Sicherheit, daß die vorhandene Theorie, oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unserer Kenntniß vorhandene Sonnensystem, nicht hinreicht, das Räthsel des Uranus zu lösen. Indessen darf man es deshalb, meiner Meinung nach, nicht als unauflösbar betrachten. Zuerst müssen wir genau und vollständig wissen, was von dem Uranus beobachtet ist. Ich habe durch einen meiner jungen Zuhörer, Flemming, alle Beobachtungen reduciren und vergleichen lassen, und damit liegen mir nun die vorhandenen Thatsachen vollständig vor. So wie die alten Beobachtungen nicht in die Theorie passen, so passen die neueren noch weniger hinein; denn jetzt ist der Fehler schon wieder eine ganze Minute und wächst jährlich um 7″ bis 8″, so daß er bald viel größer sein wird. Ich meinte daher, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Räthsels, vielleicht in einem neuen Planeten, finden werde, dessen Elemente aus ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf den Saturn bestätigt werden könnten [3]).″

Das Problem, den neuen Planeten zu ermitteln, welcher die geheimnißvollen Störungen des Uranus verursachen konnte, war also öffentlich aufgestellt, als ich im Jahre 1845 Herrn Leverrier rieth, sich damit zu beschäftigen. Es war Zeit, weil in England ein junger Astronom an der cambridger Universität, Adams, ebenfalls seit diesem Jahre die Aufgabe behandelte und seinerseits zu einer Lösung derselben gelangte. Indeß füge ich sogleich hinzu, daß Adams Nichts bekannt machte, und seine übrigens vortrefflich ausgeführte Arbeit in

keiner Weise zu der Entdeckung des unbekannten Gestirns beigetragen hat.

Leverrier mußte vor Allem die wahren Werthe derjenigen Theile in den Störungen des Uranus, welche sich aus dem Einflusse der bis dahin bekannten Planeten nicht erklären ließen, zu erhalten suchen; er mußte zuerst die für den Uranus angenommenen Elemente verbessern, und dann genaue Ephemeriden construiren, welche durch ihre Vergleichung mit den Beobachtungen die von dem gesuchten Gestirne herrührenden Störungen erkennen ließen. Der geschickte Astronom machte seine Vergleichungen nicht nur mit den ältern veröffentlichten Beobachtungen von Lemonnier, Bradley, Mayer, und der greenwicher und pariser Sternwarte, sondern konnte auch, wie er selbst sagt, „ausgezeichnete in Paris von 1835 bis 1845 angestellte, noch nicht bekanntgemachte Beobachtungen, die ich ihm übergab", benutzen. Nach sorgfältiger Reduction der Beobachtungen erhielt er zuverlässige Werthe der Störungen, über welche die Theorie keine Auskunft geben konnte, setzte solche in die Formeln, welche dieselben unter der Annahme der Existenz des neuen Planeten erklären, ein und erhielt genäherte Elemente für letzteren. Am 31. August 1846 veröffentlichte Leverrier die definitiven Resultate seiner Untersuchungen: er sprach sich dahin aus, daß der neue Planet sich damals in dem Sternbilde des Steinbocks ein wenig östlich von dem Sterne δ dieses Sternbildes finden müsse. Leverrier theilte seine Resultate verschiedenen Astronomen der europäischen Sternwarten mit. Galle antwortete ihm aus Berlin am 25. September: „Der Planet, dessen Position Sie bezeichnet haben, existirt in der That. An demselben Tage, wo ich Ihren Brief erhielt, fand ich einen Stern achter Größe, der in die ausgezeichnete von Dr. Bremiker bearbeitete Karte Hora XXI. der von der berliner Akademie herausgegebenen Sammlung von Sternkarten nicht eingetragen war. Die Beobachtung des folgenden Tages entschied, daß er der gesuchte Planet war." Der Ort, wo Galle den Planeten fand, wich nur ungefähr 1° von demjenigen ab, welchen Leverrier ihm angewiesen hatte; die Rechnung hatte die heliocentrische Länge des gesuchten Planeten für 1. Januar 1847 zu 327° 24′ ergeben; aus der Beobachtung des entdeckten Planeten folgte 326° 22′.

Eine solche Entdeckung muß einen ausgezeichneten Platz in der Geschichte der Astronomie einnehmen. Die von Leverrier befolgte Methode weicht gänzlich von dem ab, was zuvor von Mathematikern und Astronomen versucht worden. Letztere haben einige Male zufällig einen in Bewegung befindlichen Punkt, einen Planeten im Felde ihres Fernrohres gefunden; Leverrier aber hat das neue Gestirn wahrgenommen, ohne nur einen Blick nach dem Himmel zu wenden; er hat ihn mit der Spitze seiner Feder gesehen; durch die bloße Macht der Rechnung hat er näherungsweise den Ort und die Größe eines Körpers bestimmt, der um Vieles jenseits der damals bekannten Grenzen unseres Sonnensystemes liegt, der weiter als 600 Millionen Meilen von der Sonne absteht, und in unseren mächtigsten Fernröhren kaum eine merkliche Scheibe zeigt. Leverrier's Entdeckung ist sonach eine der glänzendsten Bestätigungen für die Richtigkeit der neuern astronomischen Systeme. Sie wird die ausgezeichneten Mathematiker ermuthigen, mit neuem Eifer nach den ewigen Wahrheiten zu forschen, welche, nach einem Ausdrucke des Plinius, in der Majestät der Theorien (!) verborgen liegen.

Ich bin sicher, in der vorstehenden Beurtheilung des Werthes der großen Entdeckung, welche die gelehrte Welt in Aufregung setzte, mich streng innerhalb der Grenzen der Wahrheit und Gerechtigkeit gehalten zu haben. Sehen wir übrigens, wie berühmte Astronomen über die Arbeit unseres Landsmannes urtheilen. Die folgenden Zeilen sind einem Briefe Encke's an Leverrier vom 28. September 1846 entnommen:

„Gestatten Sie mir, Ihnen von ganzem Herzen zu der schönen Entdeckung, womit Sie die Astronomie bereichert haben, Glück zu wünschen. Ihr Name wird für immer an die entscheidendste Probe für die Richtigkeit der allgemeinen Anziehung, die man nur erdenken kann, geknüpft sein." Meines Erachtens enthalten diese wenigen Worte Alles, was der Ehrgeiz eines Gelehrten wünschen kann; jeder weitere Zusatz würde überflüssig sein.

Schumacher spricht sich in einem aus Altona vom 28. September datirten Briefe in folgender Weise aus:

„Obgleich Sie durch Herrn Encke erfahren haben, daß Ihr Pla-

net fast genau an dem Orte und unter den Umständen, wie Sie Beides vorhergesagt haben (der Durchmesser selbst betrug 3″), aufgefunden worden, kann ich doch dem Drange meines Herzens nicht widerstehen, Ihnen ohne Verzug meine aufrichtigsten Glückwünsche für Ihre glänzende Entdeckung darzubringen; sie ist der schönste Triumph der Theorie, den ich kenne."

Warum aber sind die pariser, die englischen und besonders die unter einem so günstigen Himmel lebenden italienischen Astronomen den berliner Astronomen in der Bestätigung von Leverrier's Entdeckung nicht zuvorgekommen? Für Jeden, der die astronomischen Methoden kennt, ist die Antwort sehr einfach.

Planet nennen wir ein jedes mit eigener Bewegung begabtes Gestirn, das um die Sonne eine nur wenig gestreckte Bahn beschreibt. Infolge dieser eigenen Bewegung schreitet ein Planet durch verschiedene Sternbilder fort, während die Fixsterne im Laufe eines Jahres nur unbedeutende Verrückungen erleiden und in ihren relativen Lagen Jahrhunderte lang fast constant bleiben. Dies vorausgesetzt wird Jeder sogleich einsehen, worin gewöhnlich die Entdeckung eines Planeten besteht.

Ein Astronom hat sein Fernrohr auf den Sternhimmel gerichtet, und vergleicht das, was er sieht, mit einer Karte, auf welcher im Voraus der beobachtete Theil des Himmels speciell verzeichnet ist. Befindet sich nun in dem Gesichtsfelde ein Gestirn, das zu der Zeit, wo die Karte entworfen wurde, nicht vorhanden war, so besitzt dasselbe eine eigene Bewegung und ist also entweder ein Planet oder ein Komet. Fehlt dagegen in der durchsuchten Gegend ein leuchtender früher als ein Stern eingetragener Punkt, so bewegt sich dieser Punkt und seine eigentliche Natur ist also verkannt worden; man muß sich beeilen, alle Theile des Himmels durchzumustern, um den Irrstern zu entdecken.

Der Planet, den Leverrier als vorhanden angekündigt hatte, konnte weniger hell sein, als die in den vorhandenen berühmtesten Himmelskarten verzeichneten Sterne. Man hätte dann zur Ausführung neuer Karten, welche die Sterne bis zur zehnten Größe enthielten, schreiten müssen, bevor man mit sichern Aussichten auf Erfolg sich an die Aufsuchung des neuen Gestirns wagen durfte. Dies wäre für

den sehr engen Raum, in welchem nach Leverrier der Planet sich befinden konnte, die umständliche Arbeit gewesen, die man in Paris hätte beginnen müssen. Für Berlin war diese Mühe überflüssig; man besaß dort schon hinreichend detaillirte Himmelskarten. Durch ein glückliches Zusammentreffen war die Karte von Hora XXI., also der Region, wo der neue Planet sich 1846 bewegte, soeben gestochen und veröffentlicht worden. Hieraus erklärt sich, wie Galle auf die von Paris erhaltenen Anweisungen an demselben Tage den Planeten finden konnte, wo ihm Leverrier's Brief zukam. Ohne die Karte von Bremiker würde der berliner Astronom sich in denselben ungünstigen Verhältnissen, wie die Beobachter in Frankreich, England und Italien befunden haben, und die Bestätigung der Entdeckung unseres Landsmannes würde um eine oder zwei Wochen (?) verzögert worden sein. Alle diese Erläuterungen werden bezüglich des Thatsächlichen durch folgende Stelle aus Encke's Briefe bestätigt:

„Für unsere Aufsuchung gab es einen sehr glücklichen Umstand. Die akademische Sternkarte von Bremiker, die vielleicht noch nicht in Paris angekommen ist, die ich aber sofort expediren lassen werde, enthält grade nahe an ihrer untern Grenze den von Ihnen bezeichneten Ort. Ohne diesen ungemein günstigen Umstand, ohne eine Karte, auf der man sicher sein konnte, alle Firsterne bis zur zehnten Größe zu finden, glaube ich nicht, daß der Planet entdeckt worden wäre. Sie werden sich bei der Beobachtung dieses Gestirns selbst überzeugen, daß sein Durchmesser viel zu klein ist, um die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, selbst wenn er mit einer starken Vergrößerung untersucht wird. Ich bin Ihnen also persönlich dafür verbunden, daß Sie den Werth gezeigt haben, den eine solche Karte für wissenschaftliche Untersuchungen haben kann."

Wenn einige Astronomen Großbritanniens von unbestreitbarem Verdienste der schönen Entdeckung unseres Landsmannes im Principe nicht eine so glänzende Gerechtigkeit zu Theil werden ließen; wenn sie einen Theil des Ruhmes dieser Entdeckung dem Engländer Adams beizulegen sich bemühten: so hat dieser Versuch keinen andern Erfolg haben können, als zu zeigen, daß trotz der unbestreitbaren Geschicklichkeit dieses letztern die englischen Astronomen doch nicht hinreichendes Zu-

trauen in seine Rechnungen setzten, um sie zum Ausgangspunkte für anhaltende Nachforschungen am gestirnten Himmel zu machen. Wie es täglich im offenen Kampfe unter Gelehrten über verschiedene wissenschaftliche Fragen geschieht, so hat Adams nicht allen Anforderungen des Programmes genügt. Ich habe es oft ausgesprochen, es gibt nur eine rationelle und gerechte Weise, die Geschichte der Wissenschaften zu schreiben: sie muß sich ausschließlich auf Veröffentlichungen mit bestimmtem Datum stützen; wird dies vernachlässigt, so entsteht Verwirrung und Unklarheit. Da Adams seine Berechnungen nur englischen Astronomen mitgetheilt hat, die sie geheim hielten, und keinen Nutzen für die Aufsuchung des Neptun daraus zogen, so hat er kein Recht, an dem Ruhme der Entdeckung des Planeten Neptun irgendwie Antheil zu nehmen. Dies ist ein endgültiger Beschluß, den die Geschichte verzeichnen wird, und gegen welchen übrigens Adams, dessen sehr beachtungswerthe Rechnungen später publicirt worden sind, sich auch niemals erhoben hat.

Leverrier's Rechnungen zur Bestimmung des Ortes des Neptun im Augenblicke seiner Entdeckung stimmten mit der Wirklichkeit in einer Weise überein, welche Bewunderung erregen mußte; man hat aber mit Unrecht in den genäherten behufs seiner Aufsuchung gegebenen Elementen der hypothetischen Bahn des neuen Planeten eine Genauigkeit finden wollen, die auch für die Zukunft gelten sollte. Die Aufgabe, um deren Lösung es sich gehandelt hatte, bestand darin, den Ort nachzuweisen, wo man in einem gegebenen Augenblicke den äußern Planeten suchen müßte, der die anomalen Aenderungen in der Bewegung des Uranus erklären könnte. Diese Aufgabe hat Leverrier vollkommen gelöst, und durch Benutzung des Resultates seiner analytischen Arbeit hat Galle in Berlin das neue Gestirn entdeckt. Die Geschichte aller übrigen Planeten beweist, daß bis damals Vesta allein auf andere Weise als durch einen glücklichen Zufall entdeckt worden war.

Aus den im 2. Kapitel des 30. Buches in Bezug auf Herschel's Untersuchungen über den Uranus mitgetheilten Einzelheiten ergibt sich, daß die Entdeckung dieses Planeten weder die Folge einer vorgefaßten Idee war, noch aus einer systematischen Combination von Beobach-

tungen hervorging. Ich will hier an die Auffindung der kleinen Planeten erinnern.

Als Keppler eine Kluft, oder wie er sich ausdrückte, einen hiatus zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter bemerkt hatte, so glaubte er, daß ein Planet zwischen den beiden genannten Körpern unseres Sonnensystemes existiren müsse. Der hiatus trat sehr deutlich hervor, als die Abstände der alten Planeten und selbst des Uranus von der Sonne nach dem bekannten Bode'schen, oder richtiger gesagt Titius'schen Gesetze (S. 118) in eine Reihe geordnet wurden. Ueberzeugt von der Existenz dieses Planeten zwischen Mars und Jupiter vereinigten sich auf Schröter's Anregung 24 deutsche Astronomen zu seiner Aufsuchung; indeß blieben ihre Bemühungen erfolglos.

Mit der Anfertigung eines Sternkatalogs beschäftigt entdeckte Piazzi zu Palermo am ersten Tage des 19. Jahrhunderts die Ceres.

Zwei Jahre später, am 28. März 1802, bemerkte Olbers in Bremen zufällig die Pallas, als er die Gegend des Himmels durchsuchte, wo sich Ceres damals befand.

Harding wies das Vorhandensein der Juno nach, während er mit der Durchmusterung des Himmels zur Gewinnung der Grundlagen für seine schönen Karten beschäftigt war.

Bis hierher hatte der Zufall allein zu diesen wichtigen Entdeckungen geführt. Die Auffindung der Vesta dagegen wurde durch eine eigenthümliche Idee von Olbers veranlaßt, die übrigens, wie ich bereits S. 149 erwähnt habe, auf keineswegs unwahrscheinliche Betrachtungen gestützt war.

Der berühmte bremer Astronom hatte nämlich zu bemerken geglaubt, daß die Bahnen der Ceres und Pallas sich in zwei Punkten des Raumes schnitten, durch welche ebenfalls die Bahn der Juno ging. Diese auffallende Thatsache, und einige Beobachtungen über gewisse allerdings schwierig zu constatirende Unregelmäßigkeiten in der Gestalt der neuen Planeten führten ihn zu der Annahme, daß sie Bruchstücke eines großen Planeten wären, der ehemals in einem den drei Bahnen gemeinschaftlichen Punkte zersprungen sei. Er glaubte, daß möglicherweise noch weitere Bruchstücke jenes ursprünglichen Planeten in denselben Regionen existirten, und bei jedem ihrer Umläufe um die Sonne durch

die zuvor erwähnten Durchschnittspunkte gehen müßten. Diese Punkte lagen in der Jungfrau und im Wallfisch. Olbers ließ es sich daher angelegen sein, jedes Jahr die Sterne dieser Bilder besonders zur Zeit, wo sie in Opposition stehen, zu beobachten. Ein glänzender Erfolg krönte seine Bemühungen, als er am 29. März 1807 die Vesta entdeckte.

Ich frage jetzt auch die befangensten Personen, welche Aehnlichkeit, welche Analogie zwischen der scharfsinnigen aber seltsamen Idee Olbers', zwischen der Annahme, die diesen berühmten Astronomen zur Entdeckung der Vesta führte, und zwischen den ohne Hypothese irgend einer Art auf die Theorie der allgemeinen Anziehung gestützten Rechnungen Leverrier's zu finden ist. Mittelst dieser Rechnungen konnte nicht blos behauptet werden, daß ein Planet, falls er existirte, zu unbestimmter Zeit durch dieses oder jenes Sternbild gehen müßte; sie lieferten vielmehr den Nachweis, daß in einer bestimmten Richtung und in einem bestimmten Abstande jenseits des Uranus nothwendig ein Planet existiren müsse.

Man hat angeführt, daß einige Astronomen, gestützt auf das empirische Gesetz des Titius, die Existenz eines neuen Planeten jenseits des Uranus vorhergesagt hätten. Das Titius'sche Gesetz berechtigt zu keinem derartigen Schlusse; Alles, was man logisch daraus folgern könnte, würde darin bestehen, daß wenn ein Planet in jenen Regionen existirte, sein Abstand von der Sonne ungefähr doppelt so groß als der des Uranus sein müßte. Uebersehen wir außerdem nicht, daß das gewöhnlich unter dem Namen des Bode'schen bekannte Gesetz keine theoretische Begründung hat, daß ihm die Genauigkeit fehlt, und daß es nicht vermochte die Richtung anzuzeigen, in welcher das neue Gestirn stehen mußte, ja überhaupt nicht einmal seine Existenz zu constatiren [4]).

Die Wichtigkeit, welche Himmelskarten mit Sternen der neunten und selbst der zehnten Größe für die Auffuchung neuer Planeten haben können, ist in sehr hervorstechender Weise durch die Entdeckung des Neptun dargethan worden, den Galle in Berlin sofort nach dem Empfange der Anweisungen Leverrier's entdeckte. Zum großen Theile verdankt man auch den berliner akademischen Sternkarten die Entdeckung der so zahlreichen kleinen Planeten, welche ihre Bahnen zwi-

schen Mars und Jupiter durchlaufen. Die neuern Astronomen haben auf die Entwerfung solcher Karten eine fruchtbare Methode der Untersuchung gegründet, und namentlich gebührt Bessel der Ruhm dieses der Wissenschaft geleisteten ungemein großen Dienstes. In seiner Gedächtnißrede auf Bessel spricht Encke in dieser Beziehung folgende Worte aus, die ich hier aufnehme, um die kurzen Andeutungen in Bezug auf die Geschichte der planetarischen Astronomie zu vervollständigen: „So wie der vortreffliche Harding'sche Atlas ein vervollständigtes Bild des gestirnten Himmels ist, wie die Histoire céleste als Grundlage betrachtet es zu geben vermochte, so entwarf Bessel, nachdem der erste Hauptabschnitt seiner Zonenbeobachtungen vollendet war, den Plan, auf diesen eine noch speciellere Darstellung des gestirnten Himmels zu gründen, welche nicht blos das Beobachtete wiedergeben, sondern mit Consequenz die Vollständigkeit erreichen sollte, welche jede neue Erscheinung unmittelbar wahrnehmen lassen würde. Die akademischen Sternkarten nach Bessel's Plane angelegt, haben, wenn sie auch bis jetzt noch nicht den ersten vorgesetzten Cyklus abgeschlossen haben, und wenn auch der Eifer der Bearbeiter nicht überall dem großartigen Plane entsprochen hat, doch den Zweck der Auffindung neuer Planeten auf das glänzendste erreicht, da sie hauptsächlich, wenn auch nicht ganz allein, bis jetzt fünf neue Glieder unseres Sonnensystemes haben auffinden lassen und die Zahl der neueren Planeten gegen die den Alten bekannten dadurch verdreifacht [5])."

Die im Abriß gegebene Geschichte der Entdeckung aller Planeten wird, wie ich hoffe, für jeden unparteiischen Mann den Beweis liefern, daß die Entdeckung des Planeten Neptun einer der schönsten Triumphe der astronomischen Theorien ist, einer der Ruhmesansprüche der pariser und berliner Akademie, eines der schönsten Anrechte unseres Jahrhunderts an die Dankbarkeit und Bewunderung der Nachwelt.

Viertes Kapitel.

Aeltere Beobachtungen des Neptun.

Wie beim Uranus (S. 394), ebenso lag es nach der Auffindung des Neptun nahe, nachzusuchen, ob nicht auch dieser Planet bereits als ein Fixstern beobachtet worden, bevor seine planetarische Natur erkannt war. Das Vorhandensein älterer Beobachtungen schwächt aber in keiner Weise den Ruhm der astronomischen Entdeckung; es kann ihr nur ein größeres Interesse verleihen, indem es den Zeitpunkt beschleunigt, wo die Elemente des neuen Planeten hinreichend genau sein werden, um die theoretisch berechnete Bahn mit der wirklichen zu vergleichen, und durch dieselbe Methode, welche 1846 mit so glücklichem Erfolge gekrönt wurde, einen neuen störenden Planeten jenseit des Neptun entdecken zu können. Die von Petersen, Walker und Mauvais in der Histoire céleste von Lalande (S. 158) angestellten Nachforschungen haben gezeigt, daß Lefrançais de Lalande in der That am 8. und 10. Mai 1795 den Neptun als einen Stern achter Größe beobachtet hat[6]). Walz hat mit gerechtem Erstaunen bemerkt, daß dieser Stern in den 1822 von Harding herausgegebenen Karten, und in der 1831 zu Berlin erschienenen Karte eingetragen war. Wenn, wie man vorausgesetzt hat, kein Stern anders als nach eigener Beobachtung durch die Verfasser eingetragen worden wäre, so würde man zu der Annahme geführt, daß der fragliche Stern periodisch sei, daß er sich zu Lalande's Zeit in der Phase seiner Unsichtbarkeit befunden, und der Planet genau seinen Platz eingenommen habe; indeß scheint eine solche Annahme, die zu den eben angedeuteten Consequenzen führt, rücksichtlich des Thatsächlichen starken Einwürfen zu unterliegen.

Außer den angeführten Beobachtungen von 1795 sind aus der Zeit vor seiner Entdeckung noch zwei von Hind in den Zonen von Lamont (in München) aufgefundene Beobachtungen des Neptun, die eine vom 25. October 1845 und die andere vom 7. September 1846 bekannt. In der ersten ist der Planet als Stern neunter Größe angegeben, und in der zweiten erscheint er als Stern achter Größe.

Man hat behauptet, der Planet Neptun sei schon vor Leverrier's Arbeit als Planet gesehen, und namentlich sind Beobachtungen von

Cacciatore und Wartmann angeführt worden. Cacciatore vermuthete nämlich im Mai 1835 zu Palermo einen Planeten gesehen zu haben, den er nachher nicht wieder finden konnte; indeß würde dieser Planet im Jahre 1846 eine Gegend des Himmels eingenommen haben, welche derjenigen, wo der Neptun entdeckt wurde, diametral gegenüber liegt. Wartmann ferner glaubte, in Genf am 6. und 25. September, sowie am 15. October und 1. November 1831 ein sehr schwaches mit einer rückläufigen eigenen Bewegung begabtes Gestirn bemerkt zu haben. Die Astronomen haben von diesen Beobachtungen keine Notiz genommen, sie haben sie sogar nicht angeführt: ihre Strenge war auf dieselben Motive gegründet, welche sie im Jahre 1759 lange Zeit abhielten, von den Beobachtungen Messier's in Bezug auf die Rückkehr des Halley'schen Kometen Gebrauch zu machen, die auf den nicht zu entschuldigenden ausdrücklichen Befehl des Astronomen de l'Isle, dem Messier untergeordnet war, geheim gehalten worden waren. Muß man sich in der That nicht wundern, daß Wartmann sich nicht beeilte, der gelehrten Welt seine eben gemachte Entdeckung eines in Bewegung begriffenen Gestirns mitzutheilen, besonders dann, wenn er persönlich kein Mittel besaß, die Lage desselben mit Genauigkeit zu bestimmen? Muß man nicht darüber erstaunen, daß der genfer Beobachter sich erst entschließt seine Entdeckung bekannt zu machen, als es unmöglich geworden war, ihre Wirklichkeit nachzuweisen. Uebrigens kommt Wartmann im Jahre 1837, nachdem er die Stellen des Himmels, wohin der vermeintliche Planet sich begeben haben konnte, aufmerksam durchforscht hatte, zu dem Schlusse, das Gestirn sei verschwunden; ein Schluß, der mit der Annahme einer kreisförmigen oder wenig excentrischen Bahn um die Sonne, mit der Existenz eines wahren Planeten unvereinbar ist. In allen Fällen aber würde im September 1846 das Gestirn Wartmann's weiter vom Neptun entfernt gewesen sein, als Rigel im Orion, und jede Verwechselung zweier so weit getrennter Gestirne ist unmöglich.

Fünftes Kapitel.

Monde des Neptun.

Als im August 1847 Lassell zu Starfield in der Nähe von Liverpool den Neptun mit einem Newton'schen Teleskope von 24 Zoll engl. Oeffnung und 20 Fuß Brennweite bei 205- bis 370facher Vergrößerung beobachtete, entdeckte er einen Mond, der im September ebenfalls von Otto Struve in Pulkowa und von Bond in Cambridge (in den Vereinigten Staaten) beobachtet wurde. Nach Otto Struve's Beobachtungen erfolgt der Umlauf dieses Mondes in 5 Tagen 21 Stunden; die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt 34° 7′, und sein Abstand vom Mittelpunkte des Planeten gegen 50000 Meilen.

Im Monat August 1850 hat Lassell bei 628facher Vergrößerung noch einen zweiten Mond zu sehen geglaubt; indeß ist diese letztere Beobachtung noch nicht bestätigt worden. In Betreff des Ringes, wovon einige Astronomen den Planeten umgeben glaubten, ist durch sorgfältige Untersuchungen nachgewiesen, daß man optische Täuschungen für die Wirklichkeit genommen hat.

Zweiunddreißigstes Buch.

Jahreszeiten und Klimate.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Bevor ich zu einer astronomischen Erklärung der Jahreszeiten und Klimate schreite, muß ich die Aufmerksamkeit des Lesers auf eine Menge von Erscheinungen richten, welche in mehreren unserer ausgezeichneten Handbücher der Physik sehr ausführlich erörtert werden. Indeß bin ich der Ansicht gewesen, daß es dem Leser nicht unlieb sein wird, dieselben hier unter einem und demselben Gesichtspunkte vereinigt zu finden. Sollte ich mich irren, so wird man alle die, wie ich einräume, ziemlich langen Vorerörterungen überschlagen können, welche ich in diesem Buche der populären Astronomie vereinigen zu müssen glaubte. Meine Absicht war, genaue Erläuterungen über die Phänomene zu geben, von welchen das Wetter abhängt. Wenn die Erscheinungen der Jahreszeiten ihrem allgemeinen Gange nach erklärt werden können, so gibt es doch eine beträchtliche Zahl von zufälligen Vorgängen, welche die meteorologischen Zustände, inmitten deren wir leben, modificiren. Auch ist es dem Astronomen völlig unmöglich, mit einiger Sicherheit das zukünftige Wetter ein Jahr, einen Monat, eine Woche, ja auch selbst nur einen Tag vorherzuverkündigen.

Aus einer Predigt Bossuet's kommend schrieb Madame de Sévigné ihrer Tochter: „Der Bischof von Meaux schlägt sich auf Tod und Leben mit seinem Auditorium.“ Ich wünsche nun nach Verhält-

niß nicht, daß man ein Gleiches von dem Professor der Astronomie am Observatorium sage; ich gestatte, ohne mich im Mindesten darüber zu betrüben, einem Jeden, seine vorgefaßten Meinungen zu behalten, selbst wenn ich sie meiner Ansicht nach ganz und gar über den Haufen geworfen habe. Ich nehme nur die Berechtigung für mich in Anspruch, bei meiner Meinung zu verharren, so lange sie nicht durch stichhaltige Gründe widerlegt ist, so lange man ihr nur unbestimmte, unfaßbare Ideen entgegenstellt. Mein Widerspruch gegen die Behauptung einer Wetterprophezeiung wird in keiner Weise erschüttert, wenn man sagt: „Siehst du nicht, daß die Prophezeiungen oft in Erfüllung gehen?“ Zufälliges Zusammentreffen beweist gar Nichts; es ist eben ein Kind des Zufalls, und die Fälle des Nichtzutreffens sind viel zahlreicher als die des Zutreffens, die man anzuführen vermag. Die Lectüre dieses Buches wird hoffentlich zeigen, daß z. B. die plötzlichen Aenderungen, welche die Temperaturen jedes Klimas, jeder Jahreszeit darbieten, alle menschliche Voraussicht zu Schanden werden lasse.

Zweites Kapitel.

Thermometer. — Temperaturen.

Das Thermometer ist ein zu bekanntes Instrument, als daß ich mich bei einer Beschreibung seiner Einzelheiten aufzuhalten brauchte; ich will nur an das seiner Construction zu Grunde liegende Princip erinnern. Wird ein Körper erhitzt, so nehmen seine Dimensionen zu, man sagt, er dehne sich aus; wird er dagegen erkältet, so werden seine Dimensionen kleiner, oder der Körper zieht sich zusammen. Die Aenderungen der Volumina oder der Dimensionen der Körper sind nun als Maaß oder als Vergleichungswerth für die Aenderungen der Wärmezustände angenommen worden, unter welchen diese Körper sich befinden. Man ist übereingekommen, mit 0° den durch das Gefrieren des Wassers angezeigten Zustand zu bezeichnen, und 100° zu setzen, wenn das Wasser unter dem mittleren Barometerstande am Ufer des Meeres siedet. Wird der Zuwachs des Volumens, welchen das

in Glas eingeschlossene Quecksilber erhält, wenn es aus dem ersten Zustande in den zweiten übergeht, in 100 gleiche Theile getheilt, so hat man einen Temperaturgrad nach der hunderttheiligen Skale. Man würde einen Grad nach Réaumur erhalten, wenn man die Zahl 80 zum Siedepunkte des Wassers schriebe, und die Zunahme des Volumens, welche das Quecksilber im Instrumente beim Erhitzen vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers erfährt, in 80 gleiche Theile theilte. In der Fahrenheit'schen Skale steht 32° am Gefrierpunkte, 212° am Siedepunkte, und die Zunahme des Volumens des Quecksilbers zwischen beiden wird in 180 gleiche Theile getheilt. Nach diesen Bestimmungen ist es leicht Angaben nach einer Skale in Grade der beiden anderen zu verwandeln. Die Theilungen werden übrigens jenseits der beiden genannten festen Punkte fortgesetzt. Man sieht ferner, daß man durch Vergleichung der Dimensionen eines beliebigen Körpers, z. B. einer Metallstange mit den Anzeigen eines Quecksilberthermometers, ein Metallthermometer construiren kann, das zur Vergleichung solcher Wärmezustände dient, wo das Quecksilber erstarrt, oder sich verflüchtigt, und deshalb das gewöhnliche Thermometer unbrauchbar wird.

Man sagt, daß zwei Körper einerlei Temperatur besitzen, wenn zwei unter einander vergleichbare Thermometer, die mit der Oberfläche derselben in Berührung gebracht, oder noch besser in ihr Inneres getaucht sind, denselben Grad zeigen. Gewöhnlich schreibt man die Aenderungen der Temperatur der Körper der Vermehrung oder Verminderung eines imponderablen Fluidums zu, das sich mit diesen Körpern verbindet und Wärme oder Wärmestoff genannt wird[1]).

Ist ein heißer Körper mit einem kalten in Berührung, so kühlt sich der erstere ab, während der zweite sich erwärmt. Aehnliche Ausgleichungen der Temperatur treten in der Entfernung und selbst im leeren Raume ein. In den folgenden Kapiteln werde ich die verschiedenen Weisen prüfen, wie die Temperatur eines Körpers geändert werden kann.

Drittes Kapitel.

Mittheilung der Wärme durch Berührung.

Wenn ein heißer Körper A mit einem andern kältern, d. h. verhältnißmäßig weniger heißen B in Berührung kommt, so geht ein Theil der Wärme des erstern durch die Berührungsstelle in den kältern B über; ein Vorgang, der erst aufhört, wenn beide Körper dieselbe Temperatur erlangt haben.

Die beiden Körper A und B erreichen um so schneller dieselbe Temperatur, je schneller der Körper B die von A empfangene Wärme in seiner ganzen Masse vertheilt, was von der sogenannten Leitungsfähigkeit des Körpers B für die Wärme abhängt.

Leitungsfähigkeit heißt die mehr oder minder entwickelte Eigenschaft des erhitzten Theiles eines Körpers, den übrigen Theilen desselben ohne irgend eine Verschiebung der Molecüle seine Wärme mitzutheilen.

Unter den bekannten Körpern besitzen die Flüssigkeiten, z. B. das Wasser, diese Fähigkeit im geringsten Grade. Wenn man nur die Oberfläche einer flüssigen Masse erhitzt, so pflanzt sich die Wärme kaum zu den unteren Schichten fort; erkaltet man dagegen die obere Fläche einer Flüssigkeit, so theilt sich die Kälte ziemlich schnell den tiefern Schichten mit. Sehr mit Unrecht würde man aber hieraus den Schluß ziehen, daß die Flüssigkeiten eine viel größere Leitungsfähigkeit für die Kälte als für die Wärme besäßen. Der Grund jener Erscheinung liegt darin, daß, wenn eine Flüssigkeit in ihren oberen Theilen erkaltet, ihre Molecüle dichter werden, und infolge dessen zu Boden sinken; es tritt dann also eine Verschiebung der Molecüle ein, welcher Umstand durch die oben gegebene Definition der Leitungsfähigkeit ausgeschlossen war.

Dagegen zeichnen sich unter den bekannten Körpern die Metalle durch die größte Leitungsfähigkeit aus; übrigens finden sich in dieser Beziehung je nach ihrer Natur doch noch bedeutende Unterschiede unter denselben. Die besten Leiter sind Gold, Platin, Silber, Kupfer. Mit schwächerem Leitungsvermögen begabt haben sich dagegen bei den Versuchen Eisen, Zink, Zinn, Blei erwiesen.

Zu den Körpern mit der geringsten Leitungsfähigkeit gehören die gewöhnliche Kohle, Holz, Ziegelsteine und erdige Substanzen. Die Luft und die übrigen Gase sind schlechte Wärmeleiter, und man schreibt der in dem Pelzwerk und den faserigen Substanzen, die wir zu unserer Kleidung verwenden, eingeschlossenen Luft zum Theil die schlechte Leitungsfähigkeit dieser Körper für die Wärme zu.

Viertes Kapitel.

Mittheilung der Wärme durch Strahlung. — Bewegliches Temperaturgleichgewicht.

Wir wollen annehmen, ein kalter Körper B befinde sich im Mittelpunkte einer vollständig geschlossenen, aus einer wärmeren Substanz gebildeten Hülle A, und diese Hülle sei von aller in ihr enthaltenen atmosphärischen Luft mittelst einer Luftpumpe befreit. Dieser letztere Umstand wird für die Hülle A und den Körper B kein Hinderniß sein, nach einer gewissen Zeit denselben Temperaturgrad anzunehmen; der Körper B wird seine Temperatur erhöht haben, während allen Punkten der Hülle ein Theil ihrer ursprünglichen Wärme entzogen worden. Auf welche Weise wird diese Mittheilung bewirkt, da doch die Oberflächen weder einander unmittelbar berühren, noch durch irgend eine Zwischensubstanz in Verbindung stehen?

In vorliegendem Falle ist die Mittheilung durch die sogenannte strahlende Wärme erfolgt, d. h. eine Wärme, die in Bezug auf die Art und Weise ihrer Fortpflanzung dieselben Eigenschaften besitzt, wie das Licht; durch Strahlen, die man dunkles Licht würde nennen können.

Von allen Punkten der Hülle A ausgehende Wärmestrahlen treffen auf die Oberfläche des Körpers B und erhöhen, indem sie daselbst absorbirt werden, die Temperatur desselben; dies ist einleuchtend, denn ohne solche Mittheilung durch Strahlung würde der schließliche Eintritt einer gleichen Temperatur der beiden Körper A und B gar nicht zu erklären sein. Was wir in Bezug auf die Wirkungsweise der Hülle A in ihrer ganzen Ausdehnung gefunden haben, muß aber auch von jedem ihrer Theile in getrenntem Zustande gelten.

Wenn also zwei ungleich stark erhitzte Körper A und B in gegenseitiger Nähe stehen und nach einer gewissen Zeit dieselbe Temperatur angenommen haben, so rührt dies daher, daß der heiße Körper A einen Theil seiner Wärme in Form einer Strahlung dem kalten Körper B zugesandt hat; dieser im Vergleich zu A kalte Körper B kann aber im Verhältniß zu einem dritten in seiner Umgebung befindlichen Körper C wieder heiß sein, und also gegen diesen Körper C Wärme ausstrahlen. Wird sich B passiv gegen A verhalten? dies ist sehr unwahrscheinlich.

Untersuchen wir jetzt den Fall, wo genau unter den frühern Umständen der Körper B heißer ist als die Hülle A. Nach einiger Zeit werden alle Punkte der Hülle A und des Körpers B dieselbe Temperatur erreicht haben; dies Mal aber wird der Körper B durch Ausstrahlung von Wärme aus allen Punkten seiner Oberfläche erkaltet sein, während die Hülle A durch Asorption jener Strahlen ihre Temperatur erhöht hat.

Wir haben gesehen, daß der Körper A dem Körper B Wärmestrahlen zusandte, so lange er heißer war als letzterer, und uns bis jetzt die Annahme gefallen lassen, daß die Strahlung aufhöre, sobald beide in gegenseitiger Nähe befindliche Körper dieselbe Temperatur erlangt haben; indeß ist diese Annahme fast ebensowenig begreiflich, als das im vorigen Falle ausgesprochene Bedenken.

Beide Schwierigkeiten verschwinden durch die Annahme, daß die Körper A und B, mögen sie gleiche oder ungleiche Temperaturen besitzen, gleichzeitig einander Wärme zustrahlen. Nur ein Unterschied existirt zwischen diesen beiden Fällen: wenn die Körper gleich warm sind, so compensiren sich die gegenseitigen Strahlungen; im entgegengesetzten Falle sendet der heiße Körper dem kalten mehr Strahlen zu, als er von letzterem empfängt, und muß deshalb erkalten. Diese Erklärung der Temperaturgleichheit, welche zwischen zwei in gegenseitiger Nähe befindlichen, von Anfang an mit gleichen Wärmemengen versehenen Körpern besteht, hat ihr Urheber, Pierre Prévost, die Theorie des beweglichen Gleichgewichts genannt.

Aus allen zuvor angeführten Thatsachen folgt, daß sämmtliche Naturkörper, selbst die dem Mineralreiche angehörenden, in Bezug auf die Mittheilung der Wärme nicht rein passive Rollen spielen, son-

dern unaufhörlich und nach allen Seiten hin dunkle Wärmestrahlen aussenden; in dieser Beziehung würde man sagen können, sie leben.

Fünftes Kapitel.

Strahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper.

Ein Körper sendet in einer gegebenen Zeit durch Strahlung eine um so größere Wärmemenge aus, je höher seine Temperatur ist; indeß ist die anfängliche Temperatur desselben nicht der einzige Umstand, von welchem die Intensität der Strahlung abhängt. Denn man hat durch directe Experimente gefunden, daß unter übrigens gleichen Umständen die in einer gegebenen Zeit ausgestrahlte Wärmemenge sich mit der Natur der Körper, und bei Körpern von derselben Substanz mit dem Zustande ihrer Oberfläche, z. B. dem Grade ihrer Politur oder ihrer Farbe ändert. Nach ihrem Strahlungsvermögen, von dem stärksten angefangen, zeigen die Metalle folgende Ordnung: Platin, Eisen, Stahl, Zink, Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Die grünen Substanzen der Pflanzen besitzen ein größeres Strahlungs- oder Emissionsvermögen als die Metalle und Steine. Schwarze Körper zeigen eine stärkere Strahlung als solche mit weißer Oberfläche.

Die Erfahrung lehrt übrigens, daß die Ausstrahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper für die Wärme einander stets entsprechen: diejenigen Körper, welche am meisten ausstrahlen, sind auch diejenigen, welche den größten Theil der auf ihre Oberfläche fallenden Wärme absorbiren.

Sechstes Kapitel.

Auf welche Weise erkalten die Körper durch Strahlung ihrer Wärme gegen die Regionen des Raumes?

Wir wollen untersuchen, ob die Gegenstände, welche einen bestimmten Horizont, z. B. den von Paris bilden, mit Körpern in strahlender Beziehung stehen, die zu ihrer Erkaltung beitragen können.

Alles von dem genannten Horizonte Auszusagende wird sich Wort für Wort auf jeden andern ähnlich gelegenen Raum von gleicher Ausdehnung anwenden lassen.

Beobachtungen auf allen Luftfahrten haben gezeigt, daß die Temperatur um so mehr sinkt, je höher man in der Atmosphäre steigt. Schon in den Höhen von ungefähr 7000 Metern über der Meeresfläche, welche auf den Luftfahrten von Gay-Lussac und von Barral und Birio erreicht wurden, stand das Thermometer im Sommer 40 bis 60° tiefer als in den untern Regionen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man eine noch tiefere Temperatur beobachtet hätte, wenn man noch höher gestiegen wäre, und daß der Raum jenseits der Grenzen der Atmosphäre noch kälter ist.

Die festen Erdschichten senden ihre Wärme nach den obern Regionen der Atmosphäre, in den Raum, ohne von dieser Seite Strahlen in hinreichender Zahl, um ihren Verlust zu compensiren, wieder zu empfangen. Diese festen Schichten müssen also erkalten. Untersuchen wir jetzt, wie weit die Thatsachen mit dieser Theorie übereinstimmen.

An einem Orte, dessen Horizont völlig frei ist, wollen wir zur Nachtzeit ein oder zwei Meter über dem Boden Flocken Wolle, Baumwolle, Schwanenflaum in der Luft aufhängen. Wir stellen über diese Flocken einen hölzernen Schirm von einer gewissen Dicke, der ihnen fast ganz die Aussicht auf den Himmel verdeckt.

Bei diesen Vorkehrungen werden unter dem Schirme aufgestellte Thermometer nahezu denselben Temperaturgrad anzeigen, mögen ihre Kugeln sich in der Luft, in geringem Abstande von der untern Fläche des Holzes oder innerhalb der Substanz der drei Flocken befinden.

Entfernen wir dann, während sonst Alles unverändert bleibt, den Schirm, so beginnen die mit dem Schwanenflaum, der Wolle und Baumwolle in Berührung stehenden Thermometer sofort zu erkalten. Bei hellem Himmel kann das Thermometer, dessen Kugel von Schwanenflaum umgeben ist, 7 bis 8° sinken; die beiden andern Thermometer werden gleichfalls, aber etwas weniger sinken.

Gras zeigt unter denselben Umständen eine Temperaturerniedrigung von 6 bis 7°.

Mit Schnee hat man ein Sinken um 8°,9 beobachtet.

Wiederholen wir nun den Versuch mit der Abänderung, daß wir die faserigen Substanzen durch polirte Metallplatten von einer gewissen Dicke ersetzen. Auch die mit ihnen in Berührung stehenden Thermometer erfahren eine Temperaturerniedrigung, die aber nur 1 bis 2° beträgt.

Wir haben in Vorstehendem das Sinken der Thermometer in Berührung mit den faserigen Substanzen, mit Gras, Schnee und Metallen, nach Entfernung des Schirmes untersucht. Was wird aber unter denselben Umständen aus dem Thermometer, das in die Luft getaucht war, und auch von dem Schirme bedeckt wurde? Sein Stand bleibt nahezu unverändert.

Aus diesen Versuchen ergeben sich mehrere Thatsachen von ungemeiner Wichtigkeit:

Gewisse Körper, wie Eiderdunen, Schnee u. dergl. erkalten schnell und beträchtlich, wenn in einer hellen Nacht kein Schirm ihnen die Aussicht auf den Himmel verdeckt.

Andere Körper, wie die Metalle, sinken ebenfalls in ihrer Temperatur, aber viel weniger als die faserigen Substanzen und der Schnee.

Unter den verschiedenen Metallen finden in dieser Beziehung Unterschiede statt.

Die Atmosphäre endlich, eine gasförmige Substanz, erkaltet nicht merklich.

Ich will sogleich auf zwei Bedenken eingehen, die einem Jeden einfallen werden; das erste bezieht sich auf das Verhalten des Holzschirmes, und das zweite auf die Rolle, welche das Thermometer spielt.

Wird der Schirm als fester Körper in der ersten Periode des Versuches nicht durch Strahlung erkalten müssen?

Die Temperatur des Schirmes muß an seiner obern Fläche sinken, und sinkt auch in der That. Wir haben aber den Schirm von einer gewissen Dicke und aus Holz, das nur eine sehr geringe Leitungsfähigkeit für die Wärme besitzt, angenommen. Aus beiden Umständen ergibt sich, daß die untere Fläche des Schirmes keine merkliche Abkühlung erfährt, und daß das mit ihr in Berührung befindliche

Thermometer, wie oben angegeben, denselben Grad zeigt, wie die in die Luft, den Schwanenflaum u. s. w. eingesetzten Thermometer.

Das zweite Bedenken betrifft das Thermometer selbst. Man kann fragen, ob dies Instrument nicht auch wie Eiderdunen, Flaum, Metalle u. s. w. erkalten müsse. Das Bedenken ist allerdings begründet; indeß ist zu bemerken, daß die Kugel des Thermometers polirt und von Glas ist, was eine nur geringe Strahlung bedingt, so daß die erhaltenen Resultate sehr wenig durch die Strahlung des angewandten Instrumentes abgeändert werden können.

Erwägt man nun, daß die Substanzen, welche bei obigen Versuchen am stärksten erkalten, gerade diejenigen sind, bei denen die Physiker durch Beobachtungen in ihren Cabineten das größte Ausstrahlungsvermögen gefunden haben, und daß auch für die Reihe der Metalle die Ordnung der beobachteten Temperaturerniedrigungen mit der Ordnung ihrer Ausstrahlungsvermögen zusammenfällt: so kann Niemand bezweifeln, daß obige Erscheinungen von dem Aussenden mehr oder weniger zahlreicher Wärmestrahlen seitens der untersuchten Körper gegen die sehr kalten Regionen des Raumes, wofür sie kein genügendes Aequivalent zurückerhalten, abhängen. Es ist ebenfalls ausgemacht, daß unsere Atmosphäre nicht merklich ausstrahlt.

Die vorstehende Versuchsreihe wurde bei heiterm Himmel ausgeführt. Wiederholen wir dieselbe bei vollkommen bedecktem Himmel, so wird die Hinwegnahme des Schirmes kaum eine merkliche Temperaturerniedrigung bei denjenigen Substanzen, welche von der Strahlung gegen den heitern Himmel am meisten betroffen werden, veranlassen; die Metalle werden in ihrer Temperatur keine wahrnehmbare Aenderung zeigen.

Hier vertreten also offenbar die Wolken die Stelle des hölzernen Schirmes in den vorigen Versuchen; eben so wie letzterer verhindern sie die Ausstrahlung der Körper auf der Oberfläche der Erde gegen die höchsten Regionen der Atmosphäre und des Raumes; nur kann die Strahlung von Seiten der Wolken, da diese mit der Schicht der Atmosphäre, wo sie schwimmen, einerlei Temperatur besitzen, um so weniger vollständig die Ausstrahlung der Körper an der Erdoberfläche compensiren, als die von ihnen eingenommenen Regionen höher

oder kälter sind Dies Resultat stimmt mit den Beobachtungen überein*).

Zuvor hatten wir angenommen, daß der Horizont an unserm Beobachtungsorte nach allen Seiten hin vollkommen frei wäre. Ist nun ein Theil des Himmels verdeckt, so werden unter übrigens gleichen Umständen die Temperaturerniedrigungen, welche die zu den Versuchen benutzten Körper erleiden, in demselben Verhältnisse abnehmen.

Zeigt der Himmel, anstatt völlig heiter oder bedeckt zu sein, zerstreute Wolken, so müssen die Erkaltungen zwischen diejenigen fallen, welche in den beiden extremen Zuständen der Atmosphäre beobachtet sein würden.

Ein mit gewisser Heftigkeit wehender Wind hindert die in Rede stehenden Temperaturerniedrigungen. Heißt dies, der Wind hindert die Strahlung gegen den Raum überhaupt? Keineswegs; die Strahlung tritt ein, aber die nicht erkalteten Schichten der Atmosphäre ersetzen bei ihrer schnellen Ortsveränderung immerfort den Körpern den Verlust an Wärme, den sie durch Strahlung erlitten haben.

Auch am Tage gelingen die bisher besprochenen Versuche, wenn sie mit hinreichender Feinheit und an Orten, wohin directe Sonnenstrahlen nicht gelangen können, angestellt werden.

Obige Betrachtungen spielen in der Theorie der Temperaturen auf der Erdoberfläche eine große Rolle; und noch mehr, sie geben, wie Dr. Wells so schön nachgewiesen hat, eine Erklärung der Phänomene des Reifes und des Thaues.

---

*) Wenn es sich träfe, daß Wolken durch gewisse Umstände trotz einer nicht beträchtlichen Höhe eine ungemein niedrige Temperatur besäßen, wie z. B. jene Wolke, welche Barral und Bixio auf ihrer bekannten Luftfahrt vom 27. Juli 1850 durchschnitten, so würden die Phänomene der Ausstrahlung seitens der Körper an der Erdoberfläche denen gleichen können, die man bei heiterem Himmel beobachtet.

Siebentes Kapitel.

Erwärmung der Körper durch die Strahlen der Sonne. — Zusammensetzung dieser Strahlen. — Chemische Wirkung. — Reflectirte, absorbirte, durchgelassene Strahlen.

Die von den Sonnenstrahlen hervorgerufenen Temperaturerhöhungen werden in Verbindung mit den Erscheinungen der Strahlung gegen den Raum uns schließlich zu der Bestimmung der Temperaturen der terrestrischen Körper in verschiedenen Jahreszeiten führen; wir müssen daher zuvor ermitteln, in welcher Weise jene Erwärmung erfolgt. Dieser Untersuchung muß aber ein aufmerksames Studium der Zusammensetzung der Sonnenstrahlen vorausgehen.

Läßt man ein Bündel fast paralleler Sonnenstrahlen durch ein Glasprisma gehen, und fängt es nach seinem Austritte aus demselben mit einem Schirme auf, so entsteht bekanntlich, wie dies auch Bd. 11, S. 91 erörtert ist, ein verbreiterter Streifen, den Newton mit dem Namen des Sonnenspectrums belegt hat. Die verschiedenen Theile dieses Spectrums zeigen verschiedene Farben; das am wenigsten abgelenkte oder mit anderem Ausdrucke das am wenigsten gebrochene Ende ist roth, das am stärksten gebrochene violet. Die zwischen beiden liegenden Farben sind von Roth aus der Reihe nach: Orange, Gelb, Grün, Blau und Indigo. Das weiße (farblose) Sonnenlicht ist also ein Gemisch aus sieben Strahlengattungen, welche durch Farbe und Brechbarkeit von einander verschieden sind.

So weit gibt uns unser Auge Auskunft. Lassen sich aber nicht noch andere Mittel ausfindig machen, um dieses Bündel von verschieden gefärbten Strahlen zu analysiren? Das Thermometer ist ein solches. Bringt man die Kugel dieses Instrumentes nach einander in die verschiedenen Theile des Spectrums, so wird sich ermitteln lassen, ob die verschieden gefärbten Strahlen gleich stark erwärmend sind.

Aeltere von Rochon in dieser Weise ausgeführte Versuche zeigten, daß im gelben Theile des Spectrums die stärkste Erwärmung eintritt, und daß sie von hier aus nach beiden Seiten des Spectrums hin abnimmt. Rückt man die Kugel eines Thermometers selbst noch etwas über die sichtbare Grenze des rothen Endes des Spectrums, so beob-

achtet man auch hier noch eine Erhöhung der Temperatur; das Sonnenlicht enthält also außer den sichtbaren Strahlen von verschiedener Brechbarkeit noch dunkle Wärmestrahlen, welche weniger brechbar sind als die sichtbaren rothen.

In den eben erwähnten Versuchen fanden wir das Maximum der Wärme in der Mitte des Gelben; wählt man aber ein Prisma von einer andern Substanz, so beobachtet man in Bezug auf die Lage dieses Maximums beträchtliche Aenderungen. Mittelst eines Prismas von besonderer Beschaffenheit sieht man, daß das Temperaturmaximum nicht mehr einer der sichtbaren Strahlengattungen entspricht, sondern daß es jenseits des Rothen liegt, wo das Auge gar kein Licht mehr bemerkt; dies tritt z. B. stets ein, wenn das Prisma aus reinem, klaren Steinsalze besteht. Aber auch zu den verschiedenen Stunden des Tages und besonders an verschiedenen Tagen ändert sich der Ort, welchen jenes Maximum der Erwärmung einnimmt; es nähert sich dem Rothen bald mehr bald weniger, obschon in dem Zustande des Himmels, in seiner Reinheit und Klarheit mit den Augen Nichts zu erkennen ist, was auf solche Unterschiede schließen ließe.

Die dunkeln Wärmestrahlen, welche einen wesentlichen Bestandtheil des Sonnenlichtes ausmachen, erleiden also besondere Absorptionen, die von eigenthümlichen Beschaffenheiten der Atmosphäre abhängen, und auf den Durchgang der leuchtenden Strahlen ohne Einfluß sind.

Alle diese Phänomene haben die Physiker zu der Frage veranlaßt, ob die Wärme der verschiedenen Sonnenstrahlen von dunklen Strahlen herrühre, welche ihnen beigemengt sind und durch das Prisma von den leuchtenden nicht geschieden werden können, weil beide dieselbe Brechbarkeit besitzen, oder ob vielmehr zwischen Roth und Violet die Sonnenstrahlen mit der doppelten Eigenschaft zu leuchten und zu erhitzen begabt sind? Im vorliegenden Falle ist es nicht nöthig, näher auf diese Frage einzugehen, weil ihre Beantwortung in keiner Weise die Erklärung ändert, die ich von den verschiedenen Erwärmungen der Körper an der Oberfläche der Erde zu den verschiedenen Zeiten des Jahres zu geben habe.

In der Kürze gedenke ich noch einer dritten Art der Analyse, der man die Sonnenstrahlen unterworfen hat. Als man gewisse chemische

Substanzen in die verschiedenen Theile des Spectrums brachte, so wurden dieselben durch die verschiedenfarbigen Strahlen in sehr verschiedener Weise verändert. Das Minimum der Wirkung fand sich am rothen, das Maximum dagegen am violetten Ende und selbst noch darüber hinaus; also gerade umgekehrt als wir früher mit dem Thermometer beobachtet hatten.

Bekanntlich gründet sich auf die vom Lichte auf verschiedene Substanzen und namentlich auf die Silbersalze ausgeübte chemische Wirkung eine der schönsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts, die Photographie. Daguerre beobachtete, daß seine kunstvollen Verfahrungsweisen besser am Morgen als am Abend gelangen, obwohl er zur Vergleichung Stunden auswählte, die gleichweit von Mittag entfernt zu gleichen Sonnenhöhen gehörten und anscheinend dieselbe Durchsichtigkeit der Atmosphäre besaßen; während man doch unter den genannten Umständen gleichartige Resultate hätte erwarten sollen. Gewisse Modificationen, welche die Durchsichtigkeit der Atmosphäre im eigentlichen Sinne nicht stören, wirken also auf die Durchlassung der sogenannten chemischen Strahlen.

Wir sind jetzt an dem Punkte angelangt, wo wir untersuchen müssen, wie das Sonnenlicht die Körper erwärmt. Als allgemeines Princip können wir annehmen, daß die Lichtstrahlen, wie sie von der Sonne kommen, einen Körper nur nach dem Verhältniß der Menge von Strahlen erhitzen, welche sich in seiner Substanz verlieren oder von ihr absorbirt werden. Sonach wird ein Körper, dessen äußere Oberfläche vollkommen polirt ist und den größten Theil der auffallenden Strahlen zurückwirft, sich kaum erwärmen; wie man dies auch beobachtet, wenn man den Spiegel eines Teleskops dem vollen Sonnenscheine aussetzt. Nehmen wir aber dem Spiegel allmälich seine Politur, so daß das Metall sich nicht mehr wie ein vollkommener Spiegel verhält, so wird sofort die Erwärmung steigen. Bedecken wir seine Oberfläche mit einer noch so dünnen Schicht einer zur Reflexion sehr wenig tauglichen und deshalb stark absorbirenden Substanz, wie z. B. mit Ruß, so wird unter den nämlichen Umständen die Erhitzung bedeutend werden.

Da nach diesen Erfahrungen die Körper sich nur durch die Strah-

len erwärmen, welche nicht reflectirt werden, und zwar ausschließlich nur durch diejenigen, welche absorbirt werden, so muß die eintretende Erhitzung eines der Sonne ausgesetzten Körpers von seinen reflectirenden Eigenschaften abhängen.

Die Körper, welche bei gleicher Politur ein starkes Reflexionsvermögen haben, wie die Metalle, werden weniger warm als die Mineralsubstanzen, deren Reflexionsvermögen gering ist.

Da die Menge des reflectirten Lichtes bei allen Körpern in der Natur mit der Verminderung der Neigung der einfallenden Strahlen gegen die Flächen dieser Körper bedeutend wächst, so muß offenbar diesem Umstande Rechnung getragen werden, wenn man im Voraus die relativen Erwärmungen bestimmen will, welche das Sonnenlicht in zwei gegebenen Fällen erzeugt.

Nachdem wir uns im Vorhergehenden mit dem Einflusse der Reflexion auf die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen beschäftigt haben, wollen wir jetzt zu dem Verhalten der durchgelassenen Strahlen übergehen.

Wenn man einem Bündel Sonnenstrahlen einen dünnen und sehr durchsichtigen Körper aussetzt, d. h. einen solchen, der die ihn durchdringenden Lichtstrahlen nur unmerklich schwächt, so wird dieser Körper sich in keiner wahrnehmbaren Weise erwärmen; wenn aber unter übrigens gleichen Umständen der durchsichtige Körper eine solche Dicke erhält, daß das austretende Licht eine geringere Intensität besitzt, als das einfallende, daß also ein merklicher Theil des letztern in der Substanz, woraus der Körper besteht, absorbirt worden ist, so wird letzterer sich erhitzen. Wir können daher annehmen, daß das Sonnenlicht bei seinem Durchgange durch eine durchsichtige Substanz dieselbe nur erwärmt nach Maaßgabe des Verlustes oder der Absorption, welche seine Strahlen darin erleiden. Dies ist der Grund, warum die Körper von unvollkommener Durchsichtigkeit und in noch stärkerem Grade die dieser Eigenschaft fast ganz beraubten sich beim Aussetzen an die Sonne außerordentlich erhitzen.

Achtes Kapitel.

Eigenschaften der Wärme, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemengt ist. — Diathermane Substanzen.

Die den irdischen Lichtern beigemengte Wärme besitzt Eigenschaften, durch welche sie sich von der die Sonnenstrahlen begleitenden Wärme unterscheidet. Unter den gewöhnlichen Umständen wird die mit den Sonnenstrahlen zu uns gelangende Wärme von der Oberfläche der Körper reflectirt und in ihrem Innern absorbirt, gerade wie das eigentliche Licht. Dies gilt aber nicht mehr von der Wärme, welche dem Lichte unserer Feuer beigemengt ist.

Läßt man durch eine durchsichtige Glasplatte das Licht hindurchgehen, welches von dem Feuer unserer Herde ausgeht, mag es durch die Verbrennung des Holzes oder der Steinkohle entstehen, so erleidet es in seiner Helligkeit keine Schwächung, die von derjenigen verschieden ist, welche ein gleich intensives Bündel Sonnenstrahlen zeigen würde; dagegen sind die aus unsern irdischen Feuern stammenden leuchtenden Strahlen beim Austritte aus der Platte fast vollständig ihrer ursprünglichen Wärme beraubt; dieselbe ist gänzlich in der durchstrahlten Glasplatte zurückgehalten worden *).

Die dunkle Wärme, welche aus irdischen Quellen stammt, hat außer den berichteten noch einige sehr merkwürdige Eigenschaften, die seit wenigen Jahren entdeckt worden sind.

Ich will einige Thatsachen anführen, worüber der Leser erstaunen wird:

Alaun und Steinsalz sind gleich durchsichtig für das Licht.

Eine sehr dünne Alaunplatte hält alle Wärmestrahlen aus irdischen Quellen auf; Steinsalz läßt sie sämmtlich hindurch.

---

*) So sind die Erscheinungen im Allgemeinen. Ich muß indeß hinzufügen, aus neuern Beobachtungen Melloni's könnte man den Schluß ziehen, daß die dem Sonnenlichte beigemengte Wärme beim Durchdringen der untern Schichten der Atmosphäre nicht in demselben Verhältnisse wie die leuchtenden Strahlen geschwächt wird, oder wenigstens, daß die durchgelassene Wärme, wenn die Sonne eine gewisse Höhe hat, und diejenige, welche zu uns gelangt, wenn dieses Gestirn dem Horizonte nahe steht, nicht dieselben Eigenschaften besitzen.

Gewisse schwarze Gläser, selbst wenn sie so dick sind, daß man die Sonne durch sie nicht sehen kann, lassen noch aus irdischen Quellen stammende Wärmestrahlen hindurch.

Hieraus folgt die Nothwendigkeit des Ausdrucks diatherman, den Melloni, der scharfsinnige Urheber dieser Beobachtungen, mit Recht in die Wissenschaft eingeführt hat. Mariotte hatte bereits gezeigt, daß die Wärme der irdischen Feuer durch Glasplatten aufgehalten wird. Es ist ferner allgemein bekannt, daß die Gießer und Glasarbeiter sich bei der Ausführung ihrer Arbeiten eines Glasschirmes bedienen; das von Wärme begleitete Licht würde ihren Augen schaden; geht aber das Licht allein durch das Glas, während die Wärme in demselben zurückgehalten wird, so können jene Arbeiter ohne Gefahr mit den durch Wärme aus irdischen Quellen erhitzten Substanzen umgehen; die Sonnenwärme würde sich ganz anders verhalten. Man sieht also, daß es nicht Lichtstrahlen sind, welche die Erwärmung hervorrufen, sondern Wärmestrahlen, welche die leuchtenden Strahlen begleiten.

Ein aus irdischer Quelle stammendes Licht wird bei seinem Durchgange durch eine Glasplatte um so mehr seiner begleitenden Wärme beraubt, je niedriger die Temperatur der Quelle ist, aus welcher es herkommt. Indeß gibt es einen Körper, der so zu sagen die umgekehrten Eigenschaften besitzt. Eine auf ihrer Oberfläche angerußte Steinsalzplatte läßt einen um so geringern Theil der strahlenden Wärme durch, je höher die Temperatur ihrer Quelle ist.

Wenn ein irdischer Körper durch Sonnenlicht erhitzt ist, so könnte man zu der Annahme verleitet werden, daß die von diesem Körper ausgestrahlte Wärme die Eigenschaften der ursprünglich den Sonnenstrahlen beigemengten Wärme beibehalten habe. Dem ist jedoch nicht so; diese Wärme wird durch durchsichtige Gläser, auf welche sie fällt, gänzlich absorbirt; der Körper strahlt also eine Wärme aus, welche von der durch ihn absorbirten verschieden ist.

Neuntes Kapitel.

Wärmecapacität des Wassers. — Specifische Wärme, freie und latente Wärme des Eises, des flüssigen Wassers und des Wasserdampfes. — Kälte, welche stets die Verdampfung begleitet.

Bei der Erklärung der Jahreszeiten werden wir die Vorgänge, welche die Erwärmung des Wassers, seinen Uebergang aus dem festen Zustande in den flüssigen, ferner seine Verwandlung in Dampf und umgekehrt die Rückkehr des Dampfes in Form von Regen begleiten, zu beachten haben. Wir wollen daher untersuchen, in welcher Beziehung dieselben zur Wärme stehen.

Die Wärme, welche erfordert wird, um die Temperatur eines Körpers um 1°, 10°, 20° u. s. w. zu erhöhen, ist mit der Natur des Körpers veränderlich. Unter übrigens gleichen Umständen ist von allen bekannten Körpern Wasser derjenige, welcher zu einer Temperaturerhöhung um eine bestimmte Anzahl Grade der größten Wärmemenge bedarf. Das Wasser besitzt, um den in der Physik gebräuchlichen Ausdruck anzuwenden, die größte Capacität für die Wärme. Ein sehr einfacher Versuch wird diese Wahrheit in ihr volles Licht stellen.

Wirft man in ein Kilogramm Wasser von 0° ein Kilogramm Eisenfeile von 11°, so zeigt die Mischung eine Temperatur von 1°. Die 10 Grade, welche das Kilogramm Eisen unter diesen Umständen verloren hat, haben die Temperatur des Kilogramms Wasser nur um 1° erhöht; die Wärmecapacität des Wassers ist also 10 Mal größer als die des Eisens.

Die specifische Wärme eines festen oder flüssigen Körpers ist seine Capacität bezogen auf die des Wassers als Einheit[2]). Es folgen hier einige aus neuern Versuchen hergeleitete Resultate; ich entlehne sie den Arbeiten meiner Collegen Depretz und Regnault.

	Specifische Wärme.
Wasser	1,000
Salpeterlösung (8 Th. Wasser, 1 Th. Salpeter) .	0,819
Salpetersäure	0,661
Gewöhnlicher Alkohol	0,659

	Specifische Wärme.
Schwefelsäure	0,335
Olivenöl	0,310
Kohle	0,241
Gebrannter Kalk	0,217
Kreide und Marmor	0,215
Schwefel	0,202
Crownglas	0,193
Eisen	0,113
Kupfer	0,095
Silber	0,057
Zinn	0,036
Quecksilber	0,033
Gold	0,032
Blei	0,031

Das Wasser, welches drei Viertheile unserer Erdkugel bedeckt, verwandelt sich unaufhörlich in unsichtbaren Dampf, in sichtbaren Dunst oder Wolken; dann wird es wieder flüssig in Form von Regen. Das Wasser gefriert in gewissen Jahreszeiten und nimmt seine ursprüngliche Flüssigkeit wieder an, sobald die Atmosphäre hinreichend erwärmt ist. Welche Wärmevorgänge treten bei diesen Zustandsveränderungen ein?

Wenn ein Kilogramm Wasser von 0° mit einem Kilogramm Wasser von 79° gemischt wird, so erhält man zwei Kilogramme Wasser von $39^1/_2$°, d. h. von der mittleren Temperatur der beiden zusammengegossenen Flüssigkeiten; das heiße Wasser hat $39^1/_2$° von seiner ursprünglichen Temperatur behalten und die übrigen $39^1/_2$° an das kalte Wasser abgegeben. Dies ist einfach und konnte vorausgesehen werden.

Wiederholen wir nun aber den Versuch mit der einzigen Abänderung, daß ein Kilogramm Eis von 0° an die Stelle des Kilogramms Wasser von 0° gesetzt wird. Aus der Mischung dieses Kilogramms Eises mit dem Kilogramm Wasser von 79° werden auch zwei Kilogramme flüssiges Wasser erhalten; aber dies Mal ist die Temperatur, anstatt $39^1/_2$° zu werden, auf 0° geblieben. Die 79 Grad des Wassers sind verbraucht worden, um die Molecüle des Eises flüssig zu machen, indem sie sich mit ihnen verbinden, ohne ihre Temperatur zu erhöhen.

Wasser von 0° und Eis von 0° unterscheiden sich also in ihrer innern Zusammensetzung. Das flüssige Wasser enthält 79 Wärmeeinheiten mehr als das feste, aber von einer gebundenen, für das Thermometer nicht wahrnehmbaren Wärme, die man aus letzterm Grunde latente Wärme genannt hat.

Die Vergleichung des siedenden Wassers mit dem sich daraus entwickelnden Dampfe, dessen Temperatur ebenso wie die des Wassers 100° ist, führt zu ähnlichen, aber noch auffallenderen Resultaten.

Der Wasserdampf verdichtet sich wieder zu flüssigem Wasser, wenn er durch Wasser geleitet wird, dessen Temperatur unter 100° ist. Dies vorausgeschickt, nehmen wir 5,35 Kilogramme Wasser von 0°, lassen Dampf von 100° hindurchgehen, und beendigen den Versuch, sobald das ursprüngliche und das condensirte Wasser ein Gesammtgewicht von 6,35 Kilogrammen besitzen; das Thermometer wird dann zeigen, daß diese 6,35 Kilogramme eine Temperatur von 100° haben.

Von diesen 6,35 Kilogrammen hatte 1 Kilogramm ursprünglich schon die Temperatur von 100°, aber im Dampfzustande; die übrigen 5,35 Kilogramme zeigten anfangs nur 0°; ihre Temperatur konnte nur steigen und 100° erreichen auf Kosten der Wärme, welche der Dampf beim Uebergange aus dem gasförmigen Zustande in den flüssigen abgegeben hat. Zur Bildung eines Kilogrammes Dampf von 100° aus Wasser von 100° wird also eine Menge gebundener oder latenter Wärme erfordert, welche hinreicht um die 5,35fache Wassermasse von 0° bis 100° zu erhitzen; oder anders ausgedrückt, die latente Wärme eines Kilogrammes Wasserdampf würde ein gleiches Gewicht Wasser von 0° bis 535° erhitzen, wenn dies Wasser bei diesem Erhitzen am Verdampfen verhindert würde.

Wenn auch der angeführte Zahlenwerth außerordentlich groß erscheint, so steht er doch unzweifelhaft fest; der Dampf existirt nur unter den zuvor angegebenen Bedingungen. Jedes Mal, wo das Wasser sich in Dampf verwandelt, entnimmt es den umgebenden Körpern eine Wärmemenge, welche hinreichen würde, seine Temperatur von 0° auf 535° zu bringen. Beträgt dieselbe 10°, 20°, 30° u. s. w., so absorbirt es beim Verdampfen 525, 515, 505 u. s. w. Grade[3]).

Diese große latente Wärmemenge gibt der Dampf den Ober=

flächen, an welchen seine Verdichtung erfolgt, wieder ab; hierin liegt, um es beiläufig zu sagen, das Geheimniß der Dampfheizung. Man macht sich von diesem industriellen Verfahren eine ganz falsche Vorstellung, wenn man glaubt, daß der Wasserdampf in den Röhren, durch welche er sich bewegt, blos seine freie, mit dem Thermometer meßbare Wärme fortführt; seine Hauptwirkungen verdankt er seiner Constitutionswärme, seiner gebundenen oder latenten Wärme, die in dem Augenblicke wieder frei wird, wo die Berührung von relativ kalten Oberflächen den Dampf aus seiner Gasform in den flüssigen Zustand zurückführt.

Um die abkühlende Wirkung des Verdampfens recht schlagend darzulegen, will ich ein interessantes Experiment von Bussy mittheilen, wo diese Wirkung aufs Extrem getrieben ist.

Man umgebe die Kugel eines Weingeistthermometers mit Baumwolle, tauche sie in flüssige schweflige Säure, und lasse dann diese Flüssigkeit an der Luft freiwillig verdampfen: es entsteht sogleich eine Kälte von — 57°. In dem leeren Raume unter dem Recipienten einer Luftpumpe erfolgt die Verdampfung noch schneller und das Thermometer sinkt bis — 68°.

Durch dies Verfahren läßt sich überall und in jeder Jahreszeit der sonst so schwierige Versuch, Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, leicht ausführen.

Zehntes Kapitel.

Erwärmung der Luft.

Die Temperatur eines Ortes wird gewöhnlich mittelst eines in der Luft in geringer Höhe über dem Boden aufgehangenen Thermometers bestimmt. Wir müssen deshalb untersuchen, wie sich die Temperaturen der festen oder flüssigen Körper, aus denen unsere Erdrinde besteht, der Atmosphäre mittheilen.

Der mit einem warmen Körper in Berührung befindliche Theil der Atmosphäre erhöht seine Temperatur, während der auf einem kalten Körper ruhende sie erniedrigt. Der erstere dehnt sich beim Erwär-

men aus und steigt aufwärts; dies ist die Ursache des sogenannten courant ascendant (aufsteigenden Luftstromes).

Was geht nun aber in einer durch ihre Berührung mit dem Boden stark erhitzten Luftmasse während ihrer aufsteigenden Bewegung, oder anders ausgedrückt, während ihrer Ausdehnung vor? Kaum hat sie sich einige Zolle über dem Boden erhoben, so zeigt sie schon nicht mehr die Temperatur, welche sie besaß, so lange sie mit ihm in Berührung war.

Wenn die Luft sich ausdehnt, so muß sie, um in ihrem neuen Zustande bestehen zu können, den umgebenden Körpern oder ihrer eigenen anfänglichen für das Thermometer wahrnehmbaren freien Wärme eine beträchtliche Wärmemenge entnehmen, die latent wird. Dieses Factum läßt sich mittelst eines sehr einfachen Versuchs nachweisen: man hängt ein Thermometer in die Mitte einer großen mit Luft gefüllten Glasglocke und stellt dieselbe auf den Teller einer Luftpumpe. Sowie die Maschine die Luft zu verdünnen beginnt, erzeugt jeder Kolbenzug ein Sinken in dem Stande des Thermometers. Das Phänomen ist besonders auffallend bei Anwendung eines der von Breguet aus Metallspiralen construirten Thermometer, die so zu sagen ganz aus Oberfläche bestehen. Anstatt eines Sinkens der Temperatur beobachtet man natürlich ein Steigen derselben, wenn die Luft in den Recipienten der Luftpumpe plötzlich wieder eintritt.

Das Sinken der Temperatur durch Ausdehnung der Luft und das Steigen derselben durch Verdichtung ist sehr beträchtlich. Wir müssen darauf zurückkommen, wenn wir uns mit der außerordentlich starken Temperaturabnahme beschäftigen werden, die man in der Atmosphäre beim Aufsteigen im Luftballon in immer höhern und höhern Schichten beobachtet hat.

Die Physiker haben unter einander lange über die Frage gestritten, ob die Sonnenstrahlen beim Durchgange durch eine reine Atmosphäre deren Temperatur in merklicher Weise erhöhen. Diejenigen, welche eine solche Wirkung ableugnen, stützen sich auf die Thatsache, daß auf offenem Meere an weit von dem Festlande entfernten Punkten die Temperatur der Atmosphäre niemals größer, oder noch mehr, niemals gleich der Temperatur der Meeresoberfläche ist. Indeß sind

diese Versuche nur auf dem Verdecke der Schiffe angestellt worden; und die Schnelligkeit, mit welcher die Luft beim Entfernen selbst nur um einige Zolle von dem erhitzten Körper, erkaltet, ist der Art, daß die genannte Erfahrung nur dann in aller Strenge zu dem daraus gezogenen Schlusse führen kann, wenn der Versuch mit einem Thermometer wiederholt worden ist, dessen Kugel fast die Oberfläche des Meeres berührt.

Uebrigens ist zu bemerken, daß die Temperatur der mit dem Wasser in Berührung stehenden Luft die Temperatur der Flüssigkeit nur nach Verhältniß der Absorption übertreffen könnte, die das Sonnenlicht in einer dünnen atmosphärischen Schicht erlitten hätte, welche Absorption offenbar unmerklich ist.

Elftes Kapitel.

Mittlere Temperaturen.

In den spätern Erörterungen wird oft von mittleren Temperaturen die Rede sein; ich muß daher genau angeben, was wir unter diesem Ausdrucke zu verstehen haben.

Die mittlere Temperatur eines beliebigen Tages im Jahre ist das Mittel der in allen Zeittheilchen, aus welchen er besteht, beobachteten Temperaturen. Nähme man als Dauer eines solchen Zeittheilchens eine Secunde, so hätte man so viel Thermometerbeobachtungen als im Tage Secunden enthalten sind, also 86400 zu addiren und die Summe mit 86400 zu dividiren. Wählte man anstatt der Secunden die Minuten, deren 1440 auf den Tag gehen, so hätte man die Summe von 1440 in einem Tage gemachten Temperaturbeobachtungen mit 1440 zu dividiren; der Quotient würde die mittlere Temperatur dieses Tages geben. Für gewöhnlich bestimmt man die mittlere Temperatur eines Tages mit hinreichender Genauigkeit aus Beobachtungen, die in viel längeren Zwischenzeiten als Secunden und selbst Minuten wiederholt werden: von Stunde zu Stunde gemachte Beobachtungen führen schon zu dem gewünschten Ziele; und die mittlere Tem-

peratur wird in diesem Falle gefunden, wenn man die Summe der 24 stündlichen Beobachtungen eines Tages durch 24 dividirt.

Man hat untersucht, ob die Aufeinanderfolge der Temperaturen während der 24 Stunden eines Tages nicht im Allgemeinen in jeder Jahreszeit nach einem regelmäßigen Gesetze eintrete, dem zufolge es möglich wäre, die mittlere Temperatur eines Tages durch weniger lästige Beobachtungen, als die zuvor besprochenen, zu erhalten. Als Resultat dieser Untersuchung hat sich ergeben, daß man ohne zu großen Fehler die halbe Summe des Maximums und des Minimums der Temperatur eines Tages als mittlere Temperatur des letztern betrachten darf. Diese Temperaturextreme treten in jeder Jahreszeit zu bestimmten Zeiten des Tages ein: das Minimum einige Augenblicke nach dem Aufgange der Sonne, und das Maximum gegen zwei Uhr Nachmittags. Bei dieser Berechnung der mittleren Temperatur hat man also nur die Summe von zwei Thermometerständen mit 2 zu dividiren. Jene beiden Elemente werden übrigens durch zwei eigenthümlich eingerichtete Thermometer angegeben, die man nur ein Mal innerhalb jeder 24 Stunden abzulesen braucht; das eine derselben zeigt das innerhalb dieser Zeit während der Abwesenheit des Beobachters eingetretene Minimum an, während das zweite das entsprechende Maximum liefert.

Die Meteorologen haben noch andere Wege eingeschlagen, um die mittlere Temperatur jedes Tages im Jahre zu bestimmen; so kann man das Mittel aus drei Beobachtungen nehmen, deren eine beim Aufgange der Sonne, die zweite um zwei Uhr Nachmittags und die dritte beim Untergange der Sonne gemacht ist. Es würde überflüssig sein, hier in noch weitere Details über diesen Gegenstand einzugehen.

Kaum halte ich den Zusatz für nöthig, daß man nach der Bestimmung der mittleren Temperatur eines jeden Tages im Jahre die mittlere Temperatur dieses Jahres erhält, wenn man die erstern 365 Bestimmungen addirt und die Summe durch die Zahl der Tage, also 365, dividirt.

Für Paris läßt sich, wie sich ergeben hat, die mittlere Temperatur eines Jahres finden, wenn man blos die mittlere Temperatur des Monats October nimmt, oder auch, wenn man das Mittel aus allen täglich zwischen 8 und 9 Uhr Morgens beobachteten Temperaturen zieht.

Will man die mittlere Temperatur eines Ortes frei von den Einwirkungen zufälliger Umstände, welche sie bald erhöhen bald erniedrigen, erhalten, so nimmt man z. B. 10 mittlere Jahrestemperaturen zusammen, und dividirt ihre Summe durch 10. Durch solches Zusammenfassen mehrerer Jahreswerthe ergibt sich die mittlere Temperatur eines gegebenen Ortes bis auf Bruchtheile eines Grades.

Die mittlere Temperatur eines Ortes ist auch die constante Temperatur, welche in einer mehr oder weniger tiefen Erdschicht angetroffen wird. In den Kellern der pariser Sternwarte seit drei Viertel Jahrhunderten angestellte Thermometerbeobachtungen haben gezeigt, daß man in einer Tiefe von 25 bis 26 Meter eine Schicht antrifft, die fast unverändert die mittlere Temperatur der Luft an der Oberfläche besitzt. Die aus geringen Tiefen hervorbrechenden Quellen geben ebenfalls die mittlere Temperatur der Gegend. Unter dem Aequator findet man nach Boussingault unmittelbar die mittlere Temperatur eines Ortes, wenn man ein Thermometer in ein 1 Fuß tief in einen überdeckten und nicht feuchten Boden gegrabenes Loch steckt.

Das Vorhandensein von Schichten mit unveränderlicher Temperatur beweist augenscheinlich, daß der Zustand des Innern unserer Erde, ihre Eigenwärme, auf die bedeutenden Schwankungen der äußeren Temperatur eines Ortes ohne allen Einfluß ist; die Erklärung der Jahreszeiten werden wir also in den Phänomenen der strahlenden Wärme suchen müssen.

Zwölftes Kapitel.

Erklärung der Jahreszeiten.

Wir wollen zunächst die Reihe von materiellen Gegenständen betrachten, aus denen der Horizont von Paris besteht. Alles, was ich in Bezug auf diesen sagen werde, läßt sich auf jeden andern ähnlich gelegenen, ja selbst auf jeden beliebigen Horizont anwenden, wenn derselbe sich nur nördlich vom Aequator befindet.

Sämmtliche Gegenstände, die einen gegebenen Horizont bilden, erwärmen sich im Laufe des Tages und erkalten während der Nacht.

Diese Thatsache steht unbestritten fest; aber in welcher Weise, nach welchen Gesetzen erfolgt die Erwärmung und Erkaltung des Bodens und der Atmosphäre? Hier beginnt in der That die Rolle des Astronomen und Physikers. Durch gründliche Untersuchung dieser Fragen ergibt sich die Erklärung der Verschiedenheit der Temperaturen auf der Erdoberfläche während der zwölf Monate des Jahres an verschieden gelegenen Orten, an den Ostküsten der Continente verglichen mit deren Westküsten, auf Hochebenen oder in Gegenden, die im Niveau des Meeres liegen u. s. w.

Wir wollen von den Versuchen ausgehen, welche der Physiker in seinem Cabinet anstellt und die ihm zum Nachweise dienen, daß jedweder Körper selbst durch den vollkommen leeren Raum hin mit allen sowohl heißern als kältern Körpern, welche die ihn einschließende materielle Hülle bilden, durch Wärmestrahlung sich in Beziehung setzt, und fragen, was geschieht, wenn der Himmelsraum einen Theil der Hülle bildet, in welcher man operirt.

Die Temperatur unserer Atmosphäre nimmt mit der Höhe schnell ab, was anzuzeigen scheint, daß der Raum, in welchem die Erde schwebt, sehr kalt ist. Wenn die Atmosphäre und der Raum sich wie gewöhnliche kalte Substanzen verhalten, so werden die Körper auf der Erdoberfläche, welche eine hohe oder auch nur mäßige Temperatur und ein Ausstrahlungsvermögen für die Wärme besitzen, beständig in die Atmosphäre und in den Raum, worin die Erde sich bewegt, eine Quantität Wärme senden, die mit ihrer Natur und Temperatur veränderlich ist. Wird dieser Verlust an Wärme auf irgend eine Weise wieder ersetzt? Aendert sich dieser Ersatz in quantitativer Beziehung zu den verschiedenen Zeiten des Jahres? Dies ist das Problem, das wir zu lösen suchen müssen.

Die Sonnenwärme ist die hauptsächlichste, ja wir können fast sagen, die einzige Ursache des Phänomens der Jahreszeiten; nur erscheint diese Ursache in ihren Wirkungen je nach der besondern Beschaffenheit der festen oder flüssigen Substanzen an der Erdoberfläche, welche sie trifft und von denen sie zum Theil absorbirt wird, merklich modificirt.

Selbst wenn die Sonne in einer gewissen Zeit dieselbe Wärmemenge auf zwei gegebene, gleich stark absorbirende, aber aus verschie-

denen Stoffen bestehende Körper sendete, so würden gleiche Absorptionen doch nicht die Temperaturen beider Körper in gleicher Weise erhöhen. Man braucht sich nur an die zahlreichen verschiedenen Terrainbeschaffenheiten zu erinnern, welche die Geologen bezeichnet haben. Nach dem Frühern (S. 441) besitzen aber verschiedene Substanzen sehr verschiedene specifische Wärmen, und erhöhen folglich ihre Temperatur durch gleiche absorbirte Wärmemengen in sehr verschiedenem Grade.

Läßt die Substanz der Erde die Wärme durch, pflanzt sie dieselbe leicht fort, so verbreitet sich die von der Sonne stammende absorbirte Wärme in kurzer Zeit in einer großen Dicke; die Oberfläche wird niemals sehr heiß.

Besitzt dagegen die Substanz der Erde umgekehrte Eigenschaften, so concentrirt sich die ganze absorbirte Wärme gewissermaßen an der Oberfläche und erhöht deren Temperatur beträchtlich.

Sonach können für ähnlich auf der Oberfläche unseres Planeten gelegene Orte die Erwärmungs- und Erkaltungsphänomene sehr verschieden sein. Alle Umstände, welche auf die mittlere Temperatur eines Ortes Einfluß haben, zusammengenommen, bilden das Klima desselben.

Bei den Erörterungen über Klimate ist es also unumgänglich nöthig, gar sehr auf die Leitungsfähigkeit der Substanzen, welche die Sonnenstrahlen treffen, Rücksicht zu nehmen; man muß vorzüglich in dieser Beziehung die abweichenden Eigenschaften der festen und flüssigen Körper erwägen, und nicht vergessen, daß die feste Oberfläche der Erde sich zu der vom Meere bedeckten, wie 1 zu 2,7, also fast wie 1 : 3 verhält.

Das Wasser besitzt (S. 427) nur eine sehr geringe Leitungsfähigkeit für die Wärme. Da außerdem nur die absorbirten Strahlen eine Temperaturerhöhung bewirken, da die terrestrischen Körper sich nur an ihrer Oberfläche erhitzen, so kann das Meer, weil die von einer Wasseroberfläche aufgenommene Wärme zur Verdunstung verbraucht wird, sich nur wenig erhitzen. Niemals findet man in weiten Entfernungen vom Festlande mehr als 30°; während dagegen an manchen Orten die Temperatur des festen Bodens bis 70° steigt. Niemals besitzt die Luft

eine höhere Temperatur als die des Meeres; sie erwärmt sich also nur durch Berührung. Die Erdarten haben ein großes Strahlungsvermögen, während das Meer, wie wir weiterhin sehen werden (S. 460), nur wenig erkaltet.

Nach diesen Principien ist es leicht, das Phänomen der Jahreszeiten zu erklären, und die Aenderungen zu veranschlagen, welche eintreten können, wenn man von dem pariser Horizonte zu einem verschieden davon gebildeten, aber auf einem und demselben Parallelkreise gelegenen übergeht.

Vom 21. März, dem Zeitpunkte der Frühlingsnachtgleiche, bis zum 23. September, dem Zeitpunkte der Herbstnachtgleiche, übertrifft in unsern Gegenden der Tag die Nacht an Dauer; die Sonne befindet sich länger als 12 Stunden über dem Horizonte von Paris.

Während die Sonnenstrahlen auf die festen oder flüssigen Körper unseres Horizontes fallen, erhitzen sie dieselben. So wird am 21. März derselbe in seiner ganzen Ausdehnung während zwölf auf einanderfolgender Stunden erhitzt; aber gleichzeitig erkaltet er auch durch Strahlung gegen den Raum während eben dieser zwölf Stunden des Tages, und außerdem noch während der zwölf Stunden der darauf folgenden Nacht, also im Ganzen während 24 Stunden. Ohne Weiteres läßt sich nun nicht bestimmen, ob der Verlust den Gewinn übertrifft; denn dies wird von der Intensität der Strahlung gegen den planetarischen Raum und von der erwärmenden Kraft der Sonnenstrahlen, die beide nicht in Zahlenwerthen bekannt sind, abhängen. Doch untersuchen wir, was am 22. März geschieht.

An diesem Tage erhitzen die Sonnenstrahlen den Horizont etwas länger als 12 Stunden; dagegen erfolgt die Erkaltung durch Strahlung wie Tags zuvor während 24 Stunden. Daß nun aber die erwärmende Einwirkung, obwohl sie nur ungefähr 12 Stunden dauert, doch um diese Zeit des Jahres die erkältende übertrifft, daß der Horizont mehr Wärme gewonnen als verloren hat, geht unbestreitbar aus dem Factum hervor, daß die Temperatur des 22. März im Allgemeinen die des 21. übertrifft.

Zu demselben Resultate gelangen wir durch Vergleichung der Temperatur des 23. mit der des 22. u. s. f.

Die Wärmestrahlen der Sonne erzeugen immer beträchtlichere Effecte bis zum 21. Juni, weil ihre Einwirkung während allmälich immer längerer Zeiträume stattfindet, indem die Tage bis zum Sommersolstitium zunehmen. Indeß hängen diese Vorgänge nicht ganz allein von dieser Ursache ab, wenn schon sie die vorwiegende ist.

Betrachten wir die Neigung, unter welcher im Allgemeinen die Sonnenstrahlen auf die Gegenstände, welche den pariser Horizont bilden, z. B. zur Mittagszeit fallen. Diese Neigung, gerechnet gegen die Oberfläche, wächst bis zum 21. Juni; folglich werden die absorbirten Strahlen, die allein zur Erwärmung der terrestrischen Objecte beitragen (S. 438), jeden Tag mit der Annäherung an das Sommersolstitium zunehmen.

Noch eine dritte gleichfalls einflußreiche Erwärmungsursache muß hier erwähnt werden. Die Sonne kann als der Mittelpunkt einer Kugel betrachtet werden, von welchem nach allen möglichen Richtungen Strahlen ausgehen. Wenn man nun der Wirkung dieser divergirenden Strahlen in einem gewissen Abstande einen Horizont von bestimmter Ausdehnung aussetzt, so wird derselbe um so mehr Strahlen empfangen, je mehr sich seine Richtung der auf die Strahlen senkrechten nähert; offenbar aber muß sich irgend ein Horizont in unseren Gegenden an jedem Mittage vom 21. März bis 21. Juni den Sonnenstrahlen in immer mehr der senkrechten sich nähernden Richtungen entgegenstellen.

Endlich füge ich noch hinzu, daß die Sonnenstrahlen zu dem festen Theile unserer Erde nur erst gelangen können, nachdem sie die gasförmige Atmosphäre durchdrungen haben; letztere aber hält bekanntlich eine um so beträchtlichere Menge jener Strahlen auf, je größer ihre Dicke ist, und je schiefer sie durchdrungen wird.

Aus dem Bisherigen folgt sonach, daß der Horizont von Paris vom 21. März bis zum 12. Juni täglich mehr Sonnenstrahlen empfängt; daß die Strahlen in immer größerer Intensität daselbst anlangen, unter Winkeln, welche wenigstens um Mittag für die Absorption immer günstiger werden; und daß endlich die Dauer ihrer Einwirkung

von Tag zu Tag zunimmt. Alle diese Ursachen müssen in dem angegebenen Zeitraume eine Erwärmung des Horizontes hervorrufen.

Bemerken wir übrigens, daß das Strahlungsvermögen eines Horizontes, ich möchte fast sagen sein Erkaltungsvermögen, in dem Maaße wächst, als seine Temperatur steigt. Die Beobachtung allein kann also darthun, wann die beiden entgegengesetzten Wirkungen sich compensiren, und somit die Zunahme in der Temperatur des Horizontes aufhören muß.

Aus der Discussion einer langen Reihe meteorologischer Beobachtungen hat sich ergeben, daß für Paris der Zeitpunkt jener Conpensation, wo also die Temperatur ihr Maximum erreicht, nicht auf den 21. Juni, den Tag des Sommersolstitiums, fällt, sondern um den 15. Juli eintritt.

Es ist jetzt ferner leicht einzusehen, daß von jener Zeit an bis zum 21. December die Tage für einen nördlich vom Aequator gelegenen Ort immer kürzer werden; daß die Wirkung der Sonne fortwährend abnimmt; daß die Strahlen derselben bis zu ihrer Ankunft auf dem pariser Horizonte immer mehr geschwächt werden, weil die von ihnen durchdrungenen atmosphärischen Schichten immer dicker und weniger durchsichtig werden; daß um Mittag oder nicht lange vor und nach demselben die Neigungen der Strahlen gegen den genannten oder jeden andern in der nördlichen Hemisphäre gelegenen Horizont (von der Oberfläche desselben aus gemessen) beständig abnehmen, (was das auffallende Licht zur Absorption weniger geeignet macht); daß der Horizont eine im steten Abnehmen begriffene Menge Sonnenstrahlen empfängt. Aus allen genannten Ursachen folgt, daß die Temperatur des pariser oder jedes andern in der nördlichen Hemisphäre gelegenen Horizontes im fortwährenden Sinken begriffen sein muß; dagegen versteht es sich nicht von selbst, daß zwischen der Strahlung gegen den leeren Raum und den im steten Abnehmen begriffenen Erwärmungsursachen genau am 21. December, dem Tage des Wintersolstitiums, eine Compensation eintreten wird.

In der That zeigt auch die Beobachtung, daß zu Paris eine vollständige Compensation erst um den 14. Januar stattfindet; d. h. daß abgesehen von zufälligen Störungen an jenem Tage die größte Kälte

im Jahre beobachtet wird. Von diesem Tage bis zum darauffolgenden 15. Juli nimmt die Temperatur beständig zu, wie wir es zuvor, als wir den 21. März als Ausgangspunkt wählten, bereits erläutert haben.

Ganz dieselbe Reihe von Schlüssen würde sich auf den Horizont eines Ortes anwenden lassen, der ebenso in der südlichen Hemisphäre liegt, wie Paris in der nördlichen; nur würden wir finden, (was auch mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmt), daß die heißesten Monate der nördlichen Hemisphäre in der südlichen die kältesten sind, und umgekehrt.

Den Zeitraum eines ganzen Umlaufs der Sonne oder die Dauer eines Jahres hat man zu allen Zeiten in vier verschiedene Perioden eingetheilt. Die zwischen dem 21. März und 21. Juni liegende heißt Frühling, während der Sommer vom 21. Juni bis zum 23. September reicht. Auf letztern folgt der Herbst vom 23. September bis zum 21. December, woran sich dann vom 21. December bis 21. März der Winter anschließt.

Aus dem Vorhergehenden ersehen wir, daß der Frühling der nördlichen Hemisphäre dem Herbste der entgegengesetzten entspricht, und daß, wenn wir diesseits des Aequators die Wärme des Sommers empfinden, in südlichen Breiten die Kälte des Winters herrscht.

Die verschiedenen Ursachen, welche die Wärmewirkung der Sonne ändern, sind im Laufe eines ganzen Jahres in den nahe am Aequator, nördlich und südlich von ihm, gelegenen Regionen, die man die Tropengegenden oder die heiße Zone nennt, sehr wenig veränderlich. Der Tag hat nämlich daselbst das ganze Jahr hindurch fast dieselbe Dauer, und die Mittagshöhen der Sonne sind dort wenig veränderlich, weshalb die vier Jahreszeiten rücksichtlich der Temperatur auch nur wenig von einander abweichen können. Aus grade entgegengesetztem Grunde aber müssen die Jahreszeiten sowohl nördlich als südlich vom Aequator in den Gegenden, wo die Tage im Jahre sehr ungleiche Dauer haben, oder was fast auf dasselbe hinauskommt, wo die Mittagshöhen sich im Laufe des Jahres beträchtlich ändern, sehr von einander verschieden sein. Diese theoretisch abgeleiteten Resultate werden durch die Beobachtungen vollständig bestätigt.

Als nicht minder einleuchtende Folgerung ergibt sich, daß in den letztern Gegenden im Jahre eine einzige Periode wachsender Temperaturen existiren muß, auf welche auch nur eine einzige entgegengesetzte Periode oder eine Periode abnehmender Temperaturen folgt.

Sehen wir nun, ob die Temperaturen in Paris mit den Resultaten unserer theoretischen Erörterungen übereinstimmen.

Die auf der pariser Sternwarte von 1806 bis einschließlich 1851, also während eines Zeitraumes von 46 Jahren gemachten Beobachtungen geben für die mittleren Werthe der höchsten, niedrigsten und mittleren Temperaturen folgende Zahlen:

	Mittlere Werthe der Temperatur.		
	Maxima.	Minima.	Mittlere.
Januar	5°02	— 0°87	2°07
Februar	7, 31	0, 67	3, 99
März	10, 01	3, 15	6, 58
April	13, 12	6, 51	9, 81
Mai	18, 38	10, 67	14, 52
Juni	21, 12	13, 56	17, 34
Juli	22, 67	15, 41	19, 04
August	22, 42	14, 57	18, 49
September	18, 85	12, 08	15, 46
October	14, 64	7, 30	10, 97
November	9, 67	3, 91	6, 79
December	6, 85	0, 33	3, 59
Jahrestemperaturen	14, 17	7, 27	10, 72

Man sieht, daß, mag man die Mittelwerthe der Maxima oder Minima oder endlich auch nur die mittleren Temperaturen nehmen, die Wärme vom Januar bis Juli im steten Steigen, vom letzteren Monate dagegen bis zum December im beständigen Sinken begriffen ist. Der heißeste Monat ist gerade der Juli, der auf das Sommersolstitium folgt, und der kälteste der Januar, dem das Wintersolstitium unmittelbar vorhergeht. Der mittlere Werth der monatlichen Minima sinkt nur ein Mal, im Januar, unter Null; die kältesten Monate sind December, Januar und Februar, und bilden daher den wahren klimatologischen Winter; das entsprechende Frühjahr umfaßt die Monate

März, April, Mai, während der Sommer auf die drei heißesten Monate Juni, Juli und August fällt, und die noch übrigen Monate September, October, und November den eigentlichen Herbst ausmachen.

Dreizehntes Kapitel.

Ueber die periodischen Temperaturerniedrigungen im Februar und Mai.

Ich habe ausgesprochen, daß sich, wenn man die mittlere Temperatur jedes Tages im Jahre zu Paris aufsuchte, ein Steigen derselben vom 14. Januar bis zum 15. Juli und von hier an ein beständiges Sinken bis zum 14. Januar des folgenden Jahres zeigen würde; indeß finden sich in diesem allgemeinen Vorgange einige Unterbrechungen. So hat man bemerkt, daß die mittlere Temperatur eines jeden Tages im Februar und Mai nicht immer größer ist als die des vorhergehenden und nicht immer geringer als die des nachfolgenden; und bereits im 26. Buche (S. 261) habe ich auch erwähnt, daß einige Astronomen, besonders Erman und Petit, diese Temperaturerniedrigungen Asteroidenschwärmen zuschreiben, welche sich bisweilen zwischen Sonne und Erde stellen sollen.

Daß die Erde um die Zeit des 13. Novembers einem Asteroidenschwarme begegnet, ist früher (S. 250) erwähnt worden. Bilden nun diese Asteroiden einen ebenen zusammenhängenden Ring, so werden wir denselben in dem entgegengesetzten Punkte der Erdbahn, in den Tagen vom 10. bis 13. Mai antreffen können.

Es sind hier aber drei Fälle zu unterscheiden. Liegt erstens der Durchschnittspunkt dieses Asteroidenringes mit der Ekliptik auf der Erdbahn selbst, so geht die Erde durch ihn hindurch, und wir werden im Monat Mai, gerade wie im November, zahlreiche Erscheinungen von Sternschnuppen beobachten.

Trifft aber zweitens der Asteroidenring die Ebene der Ekliptik in einer Gegend, deren Entfernung von der Sonne geringer ist als der Abstand der Erde von derselben, so werden sich die Asteroiden auf

die Sonne projiciren, und ihren Glanz schwächen; was auf die Temperatur vom 10. bis 13. Mai einen Einfluß ausüben kann.

Endlich werden die Novemberasteroiden im Monat Mai keinen Einfluß haben und überhaupt auch schwierig sichtbar sein, wenn ihr zweiter Durchschnittspunkt mit der Ebene der Ekliptik weiter von der Sonne entfernt ist, als die Erde.

Als A. Erman eine Anomalie in der regelmäßigen Zunahme der Temperatur zwischen dem 1. und 31. Mai wahrgenommen hatte, die an verschieden gelegenen Orten sich zeigte, und stets als eine Temperaturabnahme zwischen dem 10. bis 13. auftrat, so glaubte er sich berechtigt, dieselbe der Zwischenstellung der Asteroiden zwischen Sonne und Erde zuzuschreiben.

Der Asteroidenstrom vom 10. August führt zu einem ähnlichen Resultate. Bildet derselbe einen ebenen Ring, so wird er die Ekliptik zwischen dem 5. und 11. Februar treffen, und also in diesen Tagen eine partielle Verdunkelung der Sonne erzeugen können. A. Erman glaubt aus verschiedenen Reihen meteorologischer Beobachtungen schließen zu dürfen, daß diese Verdunkelung wirklich alljährlich statt habe.

Der periodische Rückfall der Kälte im Mai ist eine Volkssage; die Gärtner bezeichnen diese kalte Periode als die drei kalten Heiligen, St. Mamertus, Pancratius und Servatius, deren Jahrestage auf den 11, 12. und 13. Mai fallen. Es findet hier ein sehr merkwürdiges Zusammentreffen statt; indeß hat man die Erscheinung auch durch das Schmelzen der Schnee- und Eismassen auf den verschiedenen Gebirgen des nördlichen Europas erklärt. Wie wir wissen, absorbirt der Schnee beim Schmelzen eine bedeutende Wärmemenge, die er den Körpern in seiner Umgebung und also auch der mit ihm in Berührung befindlichen Luft entziehen muß. Man hat daher angenommen, daß die Kälte, welche das jährliche Schmelzen des Schnees hervorruft, sich von Norden nach Süden fortpflanze, und die durch die Beobachtungen nachgewiesene periodische Temperaturerniedrigung herbeiführe. Ein schneereicher Winter würde dieser Hypothese gemäß einen kältern Mai

zur Folge haben, während nach einem milden Winter die kalte Periode im Mai wenig bemerklich sein dürfte.

Vierzehntes Kapitel.

Constanter Werth der mittleren Temperatur für alle Punkte eines bestimmten Horizontes des Festlandes. — Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in Städten und auf freiem Felde.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß man in der ganzen Ausdehnung eines bestimmten Horizontes, z. B. des Horizontes von Paris fast dieselbe mittlere Jahrestemperatur, sowie auch eine gleiche Temperatur für dieselben Jahrestage erhält. Dies dürfte unmöglich erscheinen, wenn man daran denkt, daß der Boden sich je nach seiner chemischen Beschaffenheit, nach dem Grade seiner Vertheilung und seiner Leitungsfähigkeit verschieden erwärmt; auch unterliegt es keinem Zweifel, daß man, wenn die Kugeln der zur Untersuchung der mittleren Tages- und Jahrestemperaturen dienenden Thermometer mit dem Boden in Berührung gebracht oder einige Linien tief unter die Oberfläche eingesetzt werden, sehr merkliche Unterschiede finden würde zwischen den Angaben zweier Instrumente, von denen das eine mit Kohlenstaub bedeckt ist, während man die Kugel des andern mit kalkigem oder quarzigem Sande umgegeben hat. Man erwäge aber, daß die gewöhnlich beobachteten Thermometer sich in der Luft, und zwar meistens in einiger Höhe über dem Boden befinden, daß die atmosphärischen Schichten, auch wenn sie anfangs in Berührung mit den verschiedenen und ungleich erhitzten Bodenarten verschiedene Temperaturen besitzen, sich mischen, und durch ihre Mischung fast übereinstimmende Angaben des Thermometers hervorrufen werden. Ist diese Erklärung richtig, so wird man an Stellen, wo die Mischung der atmosphärischen Schichten gehindert ist, nicht denselben Temperaturgrad erwarten dürfen als an freien Orten. Aus dieser Bemerkung folgt, daß im Innern der Städte das Thermometer nicht denselben Grad angeben kann als im freien Felde, und im Laufe des Jahres anomale Resultate liefern wird, jedoch ohne daß es möglich wäre, den Betrag des

Einflusses jener zufälligen Umstände anders als auf empirischem Wege zu bestimmen. Auf diese Weise erklärt sich, wenigstens zum Theil, der Unterschied von einem halben Grade, den Howard zwischen den mittleren Temperaturen der Stadt London und des umgebenden Feldes fand.

Funfzehntes Kapitel.

Mittlere Temperaturen des Meeres in den verschiedenen Breiten.

Es wird Zeit, daß wir auch erforschen, wie die Temperaturverhältnisse sich ändern, wenn ein Horizont von gegebener Ausdehnung, anstatt aus festen Massen, ganz und gar von einer dicken Wasserschicht gebildet wird.

Im 9. Kapitel (S. 441) habe ich schon erwähnt, daß das Wasser sich an seiner Oberfläche weniger erhitzt, als die erdigen Substanzen, weil diese letztern eine viel geringere specifische Wärme haben, als das Wasser; so daß die Menge Sonnenwärme, welche nöthig ist, um ihre Temperatur z. B. um 10° zu erhöhen, viel weniger beträchtlich ist als die Wärmemenge gleichen Ursprungs, welche die Temperatur einer Wasserschicht um dieselbe Anzahl Grade zu erhöhen vermag.

Außerdem muß ich hinzufügen, daß die Sonnenstrahlen, welche schon in einer sehr dünnen erdigen Schicht absorbirt werden, in das Wasser zum Theil in eine beträchtliche Tiefe eindringen; daß namentlich im Meere sie erst gänzlich erlöschen, nachdem sie Tiefen von hundert Metern erreicht haben, so daß die durch die Absorption erzeugte Wärme, anstatt sich so zu sagen an der Oberfläche zu concentriren, sich auf eine große Wassermasse vertheilt, und folglich die Temperatur um so geringer sein muß, je beträchtlicher diese Masse ist.

Die Verdampfung, die, wie wir (S. 443) gesehen haben, eine sehr intensive Erkältungsursache bildet, wirkt um so stärker erkältend, in je ausgedehnterem Maaße sie auftritt. Wo die Flüssigkeit unaufhörlich zur Verdampfung bereit ist, existirt folglich eine Ursache zur Temperaturerniedrigung, wie sie auf dem Festlande entweder gar nicht oder nicht in demselben Grade angetroffen wird.

Diese drei Ursachen, die specifische Wärme, die Diathermansie und die Verdampfung, haben zur Folge, daß das Wasser und die mit ihm in Berührung befindliche Atmosphäre im Sommer weniger heiß sind, als die entsprechend gelegenen Theile der Continente.

Nachdem wir gesehen haben, welche Rolle bezüglich der Temperatur das Wasser im Sommer spielt, wollen wir jetzt untersuchen, wie sich dasselbe im Winter verhält.

Schon im 3. Kapitel (S. 427) habe ich hervorgehoben, daß die an der Oberfläche des Wassers gelegenen Theile, deren Temperatur durch die Strahlung gegen die kalten Regionen des Raumes gesunken ist, zufolge ihres größeren specifischen Gewichtes abwärts sinken; daher muß die Oberfläche des Meeres eine höhere Temperatur behalten, als sie die Oberfläche der Continente darbietet, weil hier die an der Oberfläche gelegenen erkalteten Theilchen sich nicht in den Erdboden einsenken.

Alle diese aus einer sorgfältigen Untersuchung der Wirkungsweise der Sonnenstrahlen auf eine Wasserfläche und auf den Boden eines Festlandes hergeleiteten Folgerungen werden durch die Beobachtungen bestätigt.

So ist in Bordeaux die mittlere Temperatur des Winters 6°1, während unter gleicher Breite die Temperatur des atlantischen Meeres niemals unter 10°7 C. hinabsinkt.

Unter dem 50. Breitengrade hat man die Temperatur des Meeres niemals unter 9° gefunden.

Sämmtliche Beobachtungen, die man gesammelt hat, zeigen, daß in der nördlichen Halbkugel und in der gemäßigten Zone die mittlere Temperatur einer kleinen mitten im atlantischen Oceane gelegenen Insel höher sein würde als die mittlere Temperatur eines unter gleicher Breite gelegenen Ortes auf dem Festlande, und daß man auf ihr einen weniger heißen Sommer und einen weniger kalten Winter zu erwarten hätte. Als Beispiel für solche Abweichungen kann besonders die Insel Madeira dienen.

Sechszehntes Kapitel.

Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen der nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte. — Die Sonne sendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche Wärmemengen zu.

Aus der im Vorstehenden über die Jahreszeiten gegebenen Theorie folgt, daß zwei ähnlich gelegene Orte, der eine nördlich, der andere südlich vom Aequator, dieselbe mittlere Temperatur haben sollten; dies findet indeß nicht statt. Was kann der Grund eines solchen Unterschiedes sein? Man hat anfangs daran gedacht, ihn in einem astronomischen Umstande zu suchen, auf den ich, um die Erklärung nicht zu compliciren, zuvor noch nicht Rücksicht genommen habe; ich meine nämlich die Aenderungen in der Entfernung der Sonne von der Erde in den verschiedenen Monaten des Jahres.

Wenn die scheinbare Bahn der Sonne ein Kreis wäre, so hätten wir an dem Vorhergehenden nicht ein einziges Wort zu ändern; in Wirklichkeit ist dieselbe aber eine Ellipse, in der wir zwei Punkte, das Perihelium und das Aphelium (Bd. 12, S. 204) unterschieden haben, denen ziemlich stark von einander abweichende Abstände der Sonne von der Erde entsprechen. Durch Mikrometermessungen hat man gefunden, daß wenn die Periheldistanz 0,9832 gesetzt wird, die Apheldistanz bis 1,0168 steigt, oder daß letztere durch 113 ausgedrückt wird, wenn man die Periheldistanz als 100 nimmt. Die Sonne erleuchtet und erhitzt aber einen gegebenen Horizont auf der Erde um so mehr, je näher sie ist; um so weniger, je weiter sie absteht, und zwar im Verhältniß des Quadrats der Entfernungen. Nun geht die Sonne im December durch ihr Perihelium und im Juni durch ihr Aphelium; ist also während des Frühlings und Sommers der nördlichen Halbkugel möglichst weit von der Erde, dagegen ihr möglichst nahe während des Herbstes und Winters derselben Hemisphäre.

Der geringere Abstand der Sonne in diesen beiden letzten Jahreszeiten muß dahin wirken, die Kälte zu mäßigen, und ihr größerer Abstand im Juni die Wärme des Sommers und Frühjahrs zu vermindern. Das Umgekehrte findet offenbar in der südlichen Halbkugel

statt; Frühling und Sommer werden dort heißer, und Herbst und Winter kälter sein, als wenn die Sonnenbahn ein Kreis wäre.

Alles bisher Vorgetragene ist an sich klar; vergessen wir aber nicht uns daran zu erinnern, daß die Sonne sich bei größerem Abstande langsamer, bei kleinerem dagegen schneller bewegt, und daß infolge dieser Ungleichheiten in der Geschwindigkeit die Sonne acht Tage länger gebraucht, um vom Frühlingsäquinoctium zum Herbstäquinoctium zu kommen, als um die entgegengesetzte Hälfte der Bahn vom Herbstäquinoctium bis zum Frühlingsäquinoctium zurückzulegen. Die beiden heißen Jahreszeiten in unserer Hemisphäre sind also sicherlich etwas kälter als die beiden heißen Jahreszeiten in der südlichen, haben aber dafür eine längere Dauer. Werden alle Umstände in Rechnung gezogen, so ergibt sich eine vollständige Compensation; man findet, daß die Sonne trotz der Verschiedenheiten ihrer Entfernung doch beiden Halbkugeln der Erde genau dieselbe Wärmemenge spendet; also nicht in einem astronomischen Umstande, der mit der elliptischen Form der Sonnenbahn zusammenhängt, nicht in den Verschiedenheiten der Entfernungen dieses Gestirns von der Erde haben wir den Grund zu suchen für die Ungleichheit der mittleren Temperatur, die an ähnlich zu beiden Seiten des Aequators gelegenen Orten ausgeführte Beobachtungen, z. B. zwischen der mittleren Temperatur von London und den Falklandsinseln (Maluinen), ergeben haben.

Ich wiederhole nochmals, Alles, was jene Verschiedenheit in der Entfernung herbeiführen kann, beschränkt sich auf eine ungleiche Vertheilung der Temperaturen in den verschiedenen Monaten des Jahres; in Bezug auf den Mittelwerth ist sie gänzlich ohne Einfluß; dagegen liegt in der physischen Constitution unseres Erdkörpers, in der ungleichen Vertheilung von Land und Meer unter die beiden entgegengesetzten Halbkugeln eine Ursache, durch welche sich, wie ich sogleich zu beweisen versuchen werde, eine annehmbare Erklärung der Erscheinung geben läßt.

Siebenzehntes Kapitel.

Erklärung des Unterschiedes in den mittleren Temperaturen zweier nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte.

Meiner Ansicht nach unterliegt es keinem Zweifel, daß die Ursache des in der Ueberschrift dieses Kapitels angegebenen Unterschiedes in der ungleichen Vertheilung des Festlandes und des Meeres über die beiden Hemisphären gesucht werden muß.

Wie bereits im 12. Kapitel (S. 450) erwähnt, verhält sich die Ausdehnung des flüssigen Elementes auf der Oberfläche der Erde zur Größe des Festlandes wie 27 : 10 oder fast wie 3 : 1.

Die Atmosphären der verschiedenen Gegenden auf unserer Erde werden durch heftige Winde und durch Luftströmungen von geringerer Geschwindigkeit mit einander gemischt. Infolge seiner großen Ausdehnung muß also der Ocean einen sehr bedeutenden Einfluß auf das Continentalklima in solchen Gegenden zeigen, wohin die ihm eigenthümliche Atmosphäre getrieben wird. Die Erforschung der Temperaturänderungen in der über dem Meere befindlichen Atmosphäre und der Windrichtungen kann also allein zu einer richtigen Beurtheilung gewisser Klimate führen.

Zieht man z. B. durch die Falklandsinseln einen mit dem Aequator parallelen Kreis, so wird derselbe in seinem Verlaufe höchstens noch einen sehr geringen Theil des festen Landes von Amerika treffen; der ganze übrige Theil seines Umfangs fällt auf den Ocean. Der genannte Parallelkreis ist also in seiner ganzen Erstreckung der Sitz einer beträchtlichen Verdampfung, welche auf Kosten einer großen dem Meerwasser entzogenen Wärmemenge erfolgt. Allerdings wird die in den Dämpfen und den daraus gebildeten Wolken enthaltene latente Wärme im Augenblicke der Verwandlung der Wolken in Regen wieder frei. Man muß aber erwägen, daß diese Verwandlung nicht genau vertical über der Gegend, wo der Dampf sich gebildet hat, eintritt; daß die Winde die Wolken oder die blos erst mit Dämpfen, aus denen sich später Wolken bilden, erfüllte Atmosphäre weit von dem ursprünglichen Entstehungsorte forttreiben, und daß die Rückerstattung der Wärme, welche die Dämpfe im Augenblicke ihrer Verdichtung zu

Regen an die Luft oder das Meerwasser zurückliefern, einer ganz andern Gegend als derjenigen, wo die Verdampfung erfolgt ist, zum Vortheil gereicht. Daher wird das Meer in dem Parallelkreise der Falklandsinseln kälter sein, als man nach seiner geographischen Breite erwarten sollte. Die durch die mittlere anomale Temperatur der umgebenden Meere modificirte mittlere Temperatur dieser Inseln sowie des amerikanischen Festlandes dieser Gegend muß also niedriger sein, als die Temperatur ähnlich gelegener Orte in der nördlichen Hemisphäre, in deren Nachbarschaft keine ausgedehnten Meere sich finden und deshalb eine viel weniger beträchtliche Verdampfung erfolgt.

Es gibt noch eine zweite Ursache, welche ebenfalls dazu beiträgt, das Meer in der Gegend der Falklandsinseln kälter zu machen, als in unseren Klimaten der Fall ist. Da, wo eine ausgedehntere Meeresfläche sich findet, muß sich im Winter eine größere Masse Eis bilden; wenn nun dieses Eis in der heißen Jahreszeit schmilzt, so entnimmt es die zu seiner Zustandsveränderung nöthige Wärme den Wasserschichten, auf welchen es schwimmt. Allerdings hat früher im Momente seines Gefrierens das Meerwasser alle seine latente Wärme, welche den Unterschied zwischen dem flüssigen Wasser und dem festen Eise ausmacht (S. 442), abgeben müssen; diese Wärme war aber zum Theil der umgebenden Atmosphäre zu gut gekommen, und die Winde haben die freigewordene Wärme in alle Regionen der Erde zerstreut. Offenbar kann die genannte Ursache einer niedrigen Temperatur des Meeres in dem Parallelkreise der Falklandsinseln nicht in gleichem Grade unter den entsprechenden Parallelen der nördlichen Halbkugel wirken, da hier zwischen Amerika und dem alten Continente die Meeresoberfläche eine geringere Ausdehnung besitzt.

Achtzehntes Kapitel.

Erklärung der Temperaturunterschiede zwischen den Ost- und Westküsten der beiden Continente. — Strenges Klima des nördlichen Amerikas.

Ich muß sofort einem Einwande begegnen, den man sonst jedenfalls gegen die Theorie, mittelst deren ich über die Verschiedenheit der

Klimate Rechenschaft zu geben versucht habe, vorbringen würde. Deine Erläuterungen, würde man sagen, liefern zwar genügende Auskunft über die klimatischen Unterschiede zwischen den Inseln und den unter gleicher Breite im Innern der Continente gelegenen Orten; wie sind aber nach denselben Principien die Unterschiede zu erklären, die man zwischen den Temperaturen zweier Orte findet, welche beide eine continentale Lage haben und gleiche Breite besitzen? Wie soll man z. B. die Unterschiede erklären, welche man zwischen den mittleren Temperaturen und ebenso den Temperaturen der verschiedenen Jahreszeiten in Quebec bemerkt, wenn man sie mit den pariser Beobachtungen vergleicht? was ist der Grund für die Abweichungen, welche sich zwischen den Temperaturen von Boston, New-York, Philadelphia und den Temperaturen der unter gleicher Breite in Europa gelegenen Orte zeigen? So würde der Einwand in ungeschwächter Stärke lauten.

Darauf antworte ich: daß die Winde einen ganz außerordentlichen Einfluß auf die Temperatur der Orte haben, zu denen sie gelangen, daß sie nach jedem dieser Orte einen Theil der Temperatur der von ihnen durchstrichenen Gegenden übertragen; daß sie überall, wo sie wehen, einen mehr oder minder beträchtlichen Theil ihrer ursprünglichen Temperatur zurücklassen, wenn sie heißer sind als die durchlaufenen Gegenden, und daß das Gegentheil eintritt, sobald sie kälter sind. Aus einer astronomischen Ursache, deren Erklärung ich im folgenden Kapitel geben werde, sind in den gemäßigten Breiten Nordamerikas die Südwestwinde vorherrschend; dieselben kommen aus dem Stillen Meere und erreichen also die Küste der Vereinigten Staaten erst, nachdem sie Amerika seiner ganzen Breite nach durchstrichen haben. Wehen sie im Sommer, so steigt ihre Temperatur, die in dem Augenblicke, wo sie das Meer verließen, um auf das Land überzugehen, sehr mäßig war, infolge der sehr viel höhern Temperatur, welche der ganze feste Theil des amerikanischen Continentes zu dieser Jahreszeit erreicht hat. Zu der Zeit also, wo dieser Wind in Quebec, Boston, Philadelphia ankommt, wird er fast die Temperatur besitzen, wie sie die Atmosphäre dieser Städte durch die bloße Absorption der Sonnenstrahlen erlangt haben würde. Der Südwestwind wird also

keine Verminderung in den Sommertemperaturen der Nordostküste Amerikas hervorrufen.

Während des Winters besitzen die Südwestwinde, welche vom Stillen Meere kommen, eine gemäßigte Temperatur; auf ihrem Durchzuge durch die weite Ausdehnung des amerikanischen Continentes werden sie aber beträchtlich erkalten und die Ostküste nur mit einer sehr erniedrigten Temperatur erreichen, die auf die astronomische d. h. von den Bewegungen der Atmosphäre unabhängige Temperatur der genannten Städte, nur einen sehr geringen Einfluß haben kann.

Nachdem der Wind die Ostküste Amerikas überschritten hat, gleicht sich seine Temperatur in jeder Jahreszeit mit der des atlantischen Meeres, über welches er hinstreicht, aus; er gelangt also zu den Küsten des alten Continentes mit einem Wärmegrade, der im Winter höher und im Sommer niedriger ist als die Temperatur dieses Continentes, und wird durch seinen Einfluß die Unterschiede zwischen den Temperaturen der beiden extremen Jahreszeiten verringern. Jeder erkennt nun, warum Buffon sagte, daß die Ostküste der Vereinigten Staaten ein excessives Klima, d. h. für jede mittlere Temperatur verglichen mit Europa einen viel heißern Sommer und einen viel kältern Winter besitze.

Ist diese Erklärung richtig, so folgt, daß dieselben Unterschiede der Temperaturen unter gleichen Breiten auch zwischen den Ost- und Westküsten des neuen Continentes, und zwischen den Küsten des großen im Osten des alten Continentes gelegenen chinesischen Reiches existiren müssen.

Die Beobachtungen bestätigen die Theorie vollständig. Bezüglich der Temperatur weicht die Westküste Amerikas sehr von der Ostküste desselben Continentes ab, und gleicht der Westküste Europas, während andererseits die Ostküste Amerikas mit ihren excessiven Klimaten der asiatischen Ostküste ähnlich ist.

Sehr bald nach der Entdeckung der nördlichen Gegenden Amerikas bemerkten die Schiffer, daß dieselben unter gleichen Breiten viel kälter waren als Europa. Für diese Thatsache, worüber die astronomische Theorie der Klimate keine genügende Auskunft zu geben vermochte, suchte der Scharfsinn mehrerer Gelehrten, unter Andern

Halley's, eine Erklärung. Nach Letzterem stieß einst ein Komet schief gegen die Erde und änderte die Lage ihrer Umdrehungsaxe. Infolge dieses Ereignisses sollte der Nordpol, der ursprünglich sehr nahe an der Hudsonsbay gelegen hätte, weiter östlich gerückt sein. Die Gegenden aber, die er dabei verlassen hätte, wären so lange und so tief erkaltet gewesen, daß man daselbst noch heutiges Tages deutliche Spuren jener ehemaligen polaren Kälte bemerken könnte. Es bedürfe, setzte man hinzu, einer langen Reihe von Jahren, bis die Wirkung der Sonne den nördlichen Theilen des neuen Continentes ein von der ehemals erlittenen Erkaltung befreites, ihrer geographischen Lage entsprechendes Klima zu verschaffen vermöge.

Diese Theorie konnte zu Halley's Zeiten annehmbar erscheinen; jetzt, wo wir die meteorologische Thatsache, um deren Erklärung es sich handelt, in allen ihren Einzelheiten kennen, ist sie überflüssig, ungenügend und steht sogar mit den Beobachtungen selbst im Widerspruche [4]).

Es ist richtig, daß das Klima unter gleichen Breiten in den Vereinigten Staaten viel kälter ist, als in Europa; indeß verschwindet diese Verschiedenheit fast gänzlich, wenn die zur Vergleichung gewählten Orte Amerikas auf dessen Ostküste oder an den Gestaden des großen Oceans liegen. Sonach hätte also unter der Annahme von Halley's Theorie der ehemalige Nordpol der Erde die Temperaturen nur auf der Ostküste Amerikas abgeändert; er hätte also sich ursprünglich entweder auf dieser Küste oder unter sehr wenig davon entfernten Meridianen befinden müssen. Was wäre aber dann die Ursache der excessiven Kälte an der asiatischen Küste, die unter gleichen Breiten der der Ostküste Nordamerikas nicht nachsteht? Ich spreche es gleich aus, Halley kannte nur einen kleinen Theil des interessanten klimatologischen Phänomens, das er zu erklären versuchte; er wußte nicht, daß in der alten wie in der neuen Welt die Ostküste sich durch eine sehr niedrige Temperatur auszeichnet; daß die Linien gleicher Temperaturen, die von A. v. Humboldt Isothermen genannten Linien, stark von den Parallelkreisen der Erde abweichen, daß sie sowohl in Amerika als in Europa in dem Maaße sich beträchtlich gegen den Aequator senken, je weiter man von den Westküsten aus ins Innere der Continente vorschreitet u. s. w.

Da Halley's Theorie auf einer schlecht beobachteten Thatsache beruht, so wird sie in keiner Weise die Annahme rechtfertigen können, daß die Axe unserer Erde jemals ihre Lage selbst nur um eine geringe Anzahl Grade geändert habe.

Neunzehntes Kapitel.

Winde. — Land- und Seewinde. — Moussons. — Passatwinde. — Entstehung der Winde durch Druck oder Saugen. — Harmattan, Samum, Chamsin. — Geschwindigkeit der verschiedenen Winde. — Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der Winde.

Will man den störenden Einfluß des Windes bei der Erklärung der Jahreszeiten in Betracht ziehen, so hat man sich sorgfältig zu hüten in einen Kreisschluß zu fallen. Der Ursprung der Winde im Allgemeinen und ihre Fortpflanzungsweise muß der Gegenstand einer vorläufigen ganz speciellen Untersuchung werden. Die erste Frage, deren Beantwortung sich hier aufdrängt, ist offenbar:

In welcher Weise verhalten sich zwei benachbarte Theile der Atmosphäre, wenn sie ungleich erwärmt werden?

Die Schwierigkeit, welche der Lösung dieses Problems entgegensteht, liegt darin, daß unser Auge in einer reinen Atmosphäre keinen leicht wieder zu erkennenden Punkt gewahrt, durch dessen Bewegung es die Richtung der Verschiebungen der Schichten zu beurtheilen vermöchte. Indeß ist doch innerhalb gewisser Grenzen die Lösung gelungen.

Zur Ermittelung, in welcher Weise sich die Luftmassen zweier aneinanderstoßenden und ungleich erhitzten Säle mischen, kam Franklin auf den Gedanken, eine brennende Kerze in verschiedene Höhen der Verbindungsthür zwischen beiden zu halten. Unten, nahe am Fußboden, zeigte die Flamme einen vom kalten nach dem warmen Saale gerichteten Luftstrom an, während in dem obersten Theile der Thür die Flamme sich nach der entgegengesetzten Seite neigte und eine vom heißen Saale gegen den kalten fließende Strömung angab. In einer

bestimmten Höhe zwischen jenen beiden extremen Stellungen dagegen schien die Luft ruhig zu sein.

Aus diesem Versuche läßt sich schließen, daß, wenn an einem Punkte der Erdoberfläche eine Erwärmung eintritt, die darüber gelegene Luftsäule sich erhebt, daß unten ein nach der heißen Stelle hin gerichteter Luftstrom entsteht, während die erhitzte und aufgestiegene Luft oben eine Strömung in gerade entgegengesetzter Richtung, also von der warmen Gegend nach der kalten hin, erzeugt.

Wer in den warmen Jahreszeiten am Ufer des Meeres gelebt hat, weiß, daß täglich von einer bestimmten Stunde an (9 oder 10 Uhr Morgens) sich ein vom Meere gegen das Land wehender Wind erhebt. Dieser von den Anwohnern mit Ungeduld erwartete Seewind (brise de mer) erfrischt die Atmosphäre während des größten Theiles des Tages bis gegen 5 oder 6 Uhr Abends. Nach Franklin's Versuche ist die Ursache dieses Windes leicht zu entdecken: er hängt nämlich offenbar von den ungleichen Erwärmungen ab, welche das Festland und das Meer durch die Wirkung der Sonnenstrahlen erfahren.

Jeden Tag, sobald von ungefähr 9 Uhr Morgens an die Temperatur der Küste die mittlere Temperatur, die stets sehr nahe die des Meeres ist, übersteigt, beginnt die über letzterem ruhende Luft nach dem Lande zu strömen. Nach 9 Uhr Abends aber, wenn umgekehrt die Temperatur der Küste unter die mittlere gesunken ist, fließt die Luft vom Lande gegen das Meer hin. Auf den See- oder Morgenwind folgt also jeden Tag nach einigen Stunden Ruhe ein Land- oder Abendwind. Die Seeleute benutzen diese beiden Winde, um in die Häfen ein- oder aus denselben auszulaufen.

Bei Gelegenheit dieser Erklärung der Land- und Seewinde will ich hier noch eine Bemerkung beifügen, die mir zu erklären scheint, warum die Temperatur auf der Ostküste der Vereinigten Staaten im Sommer so excessiv ist. Irre ich mich nicht, so kann der Seewind, dieser Mäßiger der Temperaturen, in diesem Theile der Küsten der Vereinigten Staaten nicht auftreten, so lange dort der Westwind herrscht; denn dieser letztere Wind muß den entgegengesetzt gerichteten Seewind, der sich sonst vom atlantischen Meere über die Küsten der

Vereinigten Staaten in ihrer ganzen Ausdehnung verbreiten würde, zurücktreiben.

Die Land- und Seewinde hören in einer kurzen Entfernung von den Küsten auf merklich zu sein, und an ihrer Stelle herrschen auf dem Meere die sogenannten Moussons; ein Wort, das aus dem Arabischen stammt und Jahreszeiten bezeichnet, weil diese Winde sechs Monate in der einen und ebensolange dann wieder in der andern Richtung wehen. Die Beobachtung zeigt, daß auf der nördlichen Halbkugel der Frühjahrsmousson im April und der Herbstmousson im October beginnt; auf der südlichen Halbkugel, wo, wie wir gesehen haben, die Jahreszeiten entgegengesetzt sind, beginnt der Herbstmousson im April und der Frühjahrsmousson im October. Ein Mousson ist stets gegen diejenige Hemisphäre gerichtet, welche die Sonne durch ihre Strahlen am meisten erhitzt. Der Uebergang eines Mousson in den andern ist für die Schifffahrt oft eine gefährliche Epoche, entweder weil mehrere Winde gleichsam in Conflict gerathen, woraus dann Stürme entstehen, oder weil an andern Orten eine mehr oder weniger lange Windstille zwischen den beiden entgegengesetzten Moussons eintritt. Die Form des Meeres und der Küsten übt auf diese Phänomene einen solchen Einfluß aus, daß für jede Gegend besondere Gesetze gelten.

Da in der Aequatorgegend die Sonnenstrahlen die Erde in einer senkrechten oder nur sehr wenig schiefen Richtung treffen, so erzeugen sie daselbst, wie wir gesehen haben, eine beständig höhere Temperatur als in den übrigen Regionen unserer Erde. Daraus folgt, daß in beiden Halbkugeln am Boden ein Luftstrom gegen den Aequator hin existiren muß. Infolge der täglichen Umdrehung der Erde begegnen nun aber diese von Norden und respective Süden kommenden Ströme Luftschichten, welche mit einer größeren Geschwindigkeit in der Richtung von West nach Ost begabt sind. Die Luft, welche auf einem Parallelkreise von kleinem Radius sich befand und die auf einem Parallelkreise von größerem Radius gelegene verdrängt, geht weniger geschwind, als nöthig wäre, um der Erde in ihrer Umdrehungsbewegung zu folgen; sie bleibt in Bezug auf einen sich mit der Erde drehenden Beobachter zurück und muß sich folglich in einer der täglichen

Umdrehung entgegengesetzten Richtung zu bewegen scheinen. Aus der Verbindung der beiden genannten Wirkungen entstehen die sogenannten Passatwinde (im Franz. vents alizés genannt, von einem alten französischen Worte, welches Gleichförmigkeit, Beständigkeit bezeichnet)[5]. Diese Winde werden nothwendig, falls nicht andere Ursachen auf das Phänomen störend einwirken, die nordöstliche Richtung in der nördlichen und die südöstliche Richtung in der südlichen Hemisphäre zeigen; allerdings aber können mannichfache örtliche Umstände dies theoretisch abgeleitete Resultat modificiren. So findet man, wie z. B. Capitän Basil Hall berichtet, zwischen dem 8° und 22° n. Br. auf dem Meere, welches die Westküste Merikos bespült, von Panama bis zur Halbinsel Californiens fast unaufhörlich einen Westwind.

In dem Maaße, als der obere Luftstrom sich von den Aequatorealgegenden entfernt und sich den gemäßigten Zonen, wo er herabsinkt, nähert, begegnet er Luftschichten, die in der Richtung der täglichen Umdrehungsbewegung eine geringere Geschwindigkeit besitzen; infolge dessen muß die Rückkehr der Passatwinde in den gemäßigten Zonen eine Strömung hervorrufen, welche in der nördlichen Halbkugel aus Südwest, und in der südlichen aus Nordwest kommt. In diesem Umstande liegt der Grund, warum in Paris der Wind häufiger aus Südwest als aus jeder andern Weltgegend weht.

Im Anfange des Streites über die wirkliche Bewegung der Erde stellten die Copernikaner die Passatwinde als einen Beweis für die von West nach Ost gerichtete tägliche Umdrehung hin. Der Passatwind war in ihren Augen, wie Cassini in seiner Abhandlung von 1693 über das Zodiacallicht berichtet, eine bloße Täuschung.

Der von der Bewegung des festen Theils der Erde mitgenommene Beobachter sollte sich nämlich von der atmosphärischen Luft losreißen, welche dann scheinbar einen in entgegengesetzter Richtung, also von Ost nach West wehenden Wind erzeugen müßte. Wir haben früher gesehen, daß der wirkliche Grund für die Passatwinde einerseits in der infolge der Temperaturdifferenzen der Luftmassen an verschiedenen Orten der Erde erfolgten Verschiebung, sowie andererseits in den verschiedenen Geschwindigkeiten der durch die tägliche Umdrehung der Erde mit fortgerissenen atmosphärischen Schichten zu suchen ist.

Die Theorie der Passatwinde erfordert das Vorhandensein eines obern Gegenstromes; mehrere Beobachter haben dafür Beweise geliefert. Capitän Basil Hall hat bemerkt, daß in den Regionen der Passatwinde sehr hohe Wolken beständig in einer dem untern Winde entgegengesetzten Richtung ziehen. Derselbe Reisende fand im August 1820 auf der Spitze des Pics von Teneriffa einen Südwestwind, d. h. einen Wind, welcher dem an der Erdoberfläche wehenden Passatwinde vollständig entgegengesetzt war. Als am 22. Juni 1799 mein hochgefeierter Freund A. von Humboldt denselben Berg bestieg, herrschte auf dem Gipfel desselben ein sehr heftiger Westwind.

Ich will hier noch einen andern Beweis für das Vorhandensein des obern Gegenstromes der Passatwinde anführen; ich finde ihn in dem Herabfallen von Staubmassen auf Barbados, die von dem Vulkan der Insel St. Vincent (Bd. 13, S. 126) ausgeworfen worden waren.

Am Abend des 30. April 1812 wurden während einiger Augenblicke auf der Insel Barbados Explosionen gehört, welche dem Knalle mehrerer abgefeuerten groben Geschütze dermaßen glichen, daß die Besatzung des Schlosses Sta. Anna die ganze Nacht hindurch unter den Waffen blieb. Am andern Morgen (1. Mai) war der Meereshorizont in Osten rein und scharf begrenzt; aber unmittelbar darüber bemerkte man eine schwarze Wolke, welche bereits den ganzen übrigen Theil des Himmels bedeckte und bald darauf auch über den Theil des Himmels sich verbreitete, wo das Licht der Morgendämmerung hervorzubrechen begann. Die Finsterniß ward dann so groß, daß es in den Stuben unmöglich war, den Ort der Fenster zu unterscheiden, und daß im Freien mehrere Personen weder die neben ihnen befindlichen Bäume, noch die Umrisse der benachbarten Häuser, noch selbst in 6 Zoll Entfernung vor die Augen gehaltene weiße Taschentücher zu sehen vermochten. Dies Phänomen entstand durch das Herabfallen einer großen Menge vulkanischen Staubes, der von dem Ausbruche eines Vulkans der Insel St. Vincent herrührte und nach der Analyse des Dr. Thomson 91 Th. Kiesel- und Thonerde, 8 Th. Kalkerde und 1 Th. Eisenoxyd enthielt. Dieser eigenthümliche Regen und die durch ihn hervorgerufene Dunkelheit hörten vollständig erst zwischen 12 und

1 Uhr Mittags auf; aber mehrere Male hatte man seit dem Morgen mit Hülfe von Laternen man möchte sagen eine Art Platzregen bemerkt, wobei der Staub in reichlicherer Menge herabfiel. Die Bäume von biegsamem Holze bogen sich unter der Last; das Geräusch, welches die Zweige der andern Bäume bei ihrem Zerbrechen erzeugten, stand in auffallendem Gegensatze mit der vollkommenen Ruhe der Atmosphäre; die Stengel des Zuckerrohrs waren gänzlich zu Boden gedrückt; kurz die ganze Insel fand sich mit einer zolldicken Schicht grünlicher Asche bedeckt.

Die Lage der Insel Barbados gegen St. Vincent macht diese Beobachtung sehr interessant; bekanntlich liegt die letztere Insel über 15 Meilen westlicher als die erstere. Die Passatwinde wehen in diesen Gegenden, besonders in den Monaten Mai und April gleichförmig und ohne Unterbrechung aus Ost mit einer geringen Abweichung nach Nord. Man hat also anzunehmen, daß der Vulkan von St. Vincent die ungeheure Staubmasse, die auf Barbados und das benachbarte Meer niederfiel, bis zu einer Höhe schleuderte, wo nicht nur die Passatwinde nicht mehr merkbar waren, sondern sogar eine grade entgegengesetzte Luftströmung herrschte; es mußte die Asche des genannten Vulkans bis zu einer Höhe emporgetrieben worden sein, welche beträchtlich genug war, um sie dem Einflusse des Nordostpassats zu entziehen, weil sie sich in entgegengesetzter Richtung fortbewegte; diese Fortbewegung konnte nur durch den obern Gegenstrom erfolgen, dessen Existenz sonach unwiderleglich bewiesen ist.

Wenn die Winde an einem Orte infolge einer Vermehrung des Gewichts der über ihm befindlichen Luftschicht entstehen, so pflanzen sie sich durch Stoß oder Druck fort; sie treiben die atmosphärischen Schichten vorwärts und werden zuerst an den Orten wahrgenommen, von wo sie zu kommen scheinen. Tritt dagegen in einer Gegend eine Verminderung in dem Gewichte der Luftsäule ein, so werden die benachbarten Schichten herbeigezogen; der Wind pflanzt sich durch Ansaugen fort, und wird zuerst in denjenigen Orten bemerklich, gegen welche er gerichtet ist.

Nach den vorstehenden Details dürfte kaum zu bezweifeln sein, daß gewisse Winde durch partielle Dichtigkeitsverminderungen in

der Atmosphäre oder durch aufsteigende Luftströme entstehen, die sich zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gegenden der Continente und Meere bilden. Die Orte, wo diese Abnahmen der Dichtigkeitsverminderungen eintreten, werden ebenso viele Centra, nach welchen die umliegenden Luftmassen der Atmosphäre hinfließen oder stürzen. Bis jetzt war nur von mäßigen Winden die Rede; es läßt sich aber durch Thatsachen beweisen, daß sehr heftige Winde, wahre Orkane, ebenfalls bisweilen durch Ansaugen entstehen.

Am 21. October 1743 bereitete sich Franklin zum Beobachten einer Mondfinsterniß vor, die in Philadelphia gegen 9 Uhr beginnen sollte. Ein Orkan aus Nordost trat seit 7 Uhr mit großer Heftigkeit und wie gewöhnlich von dicken Wolken begleitet auf, und machte die Beobachtung unmöglich. Zu Boston aber, das ungefähr 75 Meilen nordöstlich von Philadelphia liegt, hatte man die Finsterniß sehr gut beobachten können, der Orkan zeigte sich hier erst zwei Stunden später als in Philadelphia. Beim weitern Verfolgen dieser Erscheinung fand Franklin, daß der Orkan um so später begonnen hatte, je weiter er nach Nordosten zurückging.

In einer Abhandlung des Capitäns Tillard über die Entstehung der Insel Sabrina bei den Azoren im Jahre 1811 findet sich folgende Stelle: „Die Rauchwolke (die aus dem Krater aufstieg) erhob sich viel höher als die Asche; große wogende Massen dehnten sich allmälich in der Richtung des Windes in eine horizontale Schicht aus, und zogen eine Menge Wasserhosen an sich, was die Schönheit des Schauspiels bedeutend erhöhte.“

Franklin erläutert durch zwei populäre Beispiele die Ursache solcher Orkane. „Wir nehmen, sagt er, einen langen mit Wasser gefüllten Kanal, der an einem seiner Enden mittelst einer Thür verschlossen ist. Das Wasser befindet sich darin gänzlich in Ruhe, bis die Thür geöffnet wird; dann aber beginnt das Wasser sich in Bewegung zu setzen, um durch diese Thür zu entweichen; das derselben zunächst liegende Wasser setzt sich zuerst in Bewegung, um durch den geöffneten Weg auszufließen; darauf geräth das angrenzende Wasser in Bewegung und so allmälich weiter, bis zuletzt sich auch das am andern Ende des Kanals befindliche Wasser nach der Seite hin begibt, wo

der Widerstand vermindert worden ist. Sämmtliches Wasser bewegt sich in diesem Falle wirklich nach der Thür hin, aber die Punkte, für welche successive diese Bewegungen beginnen, schreiten in entgegengesetzter Richtung, d. h. von der Thür rückwärts bis zum Anfange des Canals fort.

„Nehmen wir ferner an, daß die Luft in einem Zimmer ruhig und ohne irgend eine Strömung sei, und zünden dann Feuer in dem Kamine an. Die Luft im Innern des Schornsteines wird durch die Hitze verdünnt, und steigt aufwärts; die Luft neben demselben fließt, um die erstere zu ersetzen, in den Schornstein, und nach und nach theilt sich diese Bewegung der ganzen übrigen Luft bis auf die hinter der Thür gelegene mit.

„Zur Erklärung der Entstehung unserer Nordoststürme an den Westküsten der Vereinigten Staaten genügt also die Annahme einer großen Erhitzung und Verdünnung der Luft in dem mexicanischen Meerbusen oder in der Nachbarschaft. Die Luft, welche aufwärts steigt, wird sofort durch die an der benachbarten nördlichen Küste befindliche ersetzt, die kälter und folglich dichter und schwerer ist. Sobald diese in Bewegung gerathen ist, folgt die nächste weiter nach Norden gelegene Luft nach u. s. f. Daraus entsteht nach und nach eine Strömung, welche die nordöstliche Richtung annimmt, weil die Küsten und Bergketten des mexikanischen Festlandes sich von Nordwest nach Südost erstrecken[6].“

Die hohe Temperatur im Innern Afrikas gibt zur Entstehung ungewöhnlicher Winde Veranlassung, die sich an den Küsten von Guinea, an den Küsten der Barbarei, in Aegypten, Arabien, Syrien, den Steppen des südlichen Rußlands und selbst in Italien zeigen. Die mit den Namen Harmattan, Semum (Samum), Chamsin bezeichneten Winde sind von auffallenden Umständen begleitet, über die ich es für nützlich halte, einige Details mitzutheilen. Insbesondere sind sie heiß und trocken, und führen Staubwirbel mit sich.

Harmattan heißt ein Wind, der drei oder vier Mal in jeder Jahreszeit vom Innern Afrikas gegen das atlantische Meer weht. In dem zwischen dem grünen Vorgebirge (15⁰ n. Br.) und dem Cap Lopez (1⁰ s. Br.) liegenden Theile der Küste erscheint der Harmattan hauptsächlich in den Monaten December, Januar und Februar; seine

Richtung fällt zwischen OSO. und NNO.; er hält gewöhnlich nur 1 oder 2, bisweilen aber auch 5 bis 6 Tage an, und besitzt eine nur mäßige Stärke.

Ein eigenthümlicher Nebel, dick genug, um am Mittage kaum einige Sonnenstrahlen durchzulassen, erhebt sich, wenn der Harmattan weht; die Theilchen, welche diesen Nebel bilden, setzen sich auf den Rasen, die Baumblätter und die Haut der Neger ab, so daß Alles weiß erscheint. Die Beschaffenheit dieser Theilchen ist unbekannt; man weiß blos, daß der Wind sie nur bis auf eine geringe Entfernung von dem Lande über das Meer treibt; eine halbe Meile weit auf das Meer hinaus z. B. ist dieser Nebel schon sehr geschwächt; in $1^1/_2$ Meile Entfernung zeigt sich keine Spur mehr davon, obschon der Harmattan dort noch in seiner ganzen Stärke auftritt.

Die außerordentliche Trockenheit des Harmattan ist eines seiner charakteristischen Merkmale. Weht dieser Wind einige Zeit, so vertrocknen die Zweige der Orangen-, Citronen- und anderer Bäume, und sterben ab; die Deckel der Bücher (selbst solcher, die in gut verschlossenen Reisekoffern von Wäsche bedeckt liegen) krümmen sich, als wären sie einem starken Feuer ausgesetzt gewesen. Die Thür- und Fensterbekleidungen, die Meubles in den Zimmern knacken und zerreißen oft. Die Wirkungen dieses Windes auf den menschlichen Körper sind nicht minder auffallend. Augen, Lippen, Gaumen werden trocken und schmerzen. Dauert der Harmattan 4 bis 5 Tage hintereinander fort, so schälen sich Hände und Gesicht ab. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, reiben die Fantee ihren ganzen Körper mit Fett ein.

Nach dem im Vorstehenden berichteten verderblichen Einflusse auf die Pflanzen könnte man glauben, daß der Harmattan sehr ungesund sein müsse; indeß zeigt sich gerade das Entgegengesetzte. Die Wechselfieber z. B. sind völlig geheilt, sobald der Harmattan zu wehen beginnt. Diejenigen, welche durch die in jenen Gegenden übliche übermäßige Anwendung des Aderlasses geschwächt sind, erhalten ihre Kräfte bald wieder; die remittirenden und epidemischen Fieber verschwinden ebenfalls, wie durch Zauber. So groß ist der günstige Einfluß dieses Windes auf die Gesundheit, daß während seiner Dauer eine Ansteckung nicht gelingt, selbst nicht durch Kunst. Die Thatsache,

auf welche sich diese Behauptung stützt, lasse ich hier folgen; sie wird von einem älteren englischen Reisenden Matthias Dobson berichtet:

Im Jahre 1770 lag zu Whydah ein englisches Fahrzeug, die Unity, mit mehr als 300 Negern beladen. Da sich die Blattern bei einigen dieser Sklaven gezeigt hatten, so beschloß der Eigenthümer, dieselben den übrigen einzuimpfen. Alle diejenigen, bei denen die Operation vor dem Wehen des Harmattan vollzogen wurde, erhielten die Krankheit. Siebzig waren am zehnten Tage geimpft worden, wo der Harmattan angefangen hatte sich zu zeigen; bei Keinem derselben schlug das Impfen an oder trat ein Ausbruch der Blattern ein. Dagegen erhielten einige Wochen später, zu einer Zeit, wo der Harmattan nicht mehr herrschte, dieselben Individuen die Blattern, theils auf natürlichem, theils auf künstlichem Wege. Ich setze noch hinzu, daß während dieses zweiten Ausbruches der Krankheit die 69 Sclaven, welche davon befallen waren, nachdem der Harmattan wieder zu wehen begonnen hatte, sämmtlich geheilt wurden.

Das Land, welches der Harmattan durchstreicht, bevor er die Küste erreicht, besteht bis auf eine Entfernung von mehr als 50 Meilen aus ganz offenen grünen Ebenen und einigem Gehölze von geringer Ausdehnung. Hie und da finden sich einzelne Flüsse und wenig beträchtliche Seen.

Der Semum oder Samum, der giftige Wind der Wüste, ist ein sehr heftiger Südostwind. Er trocknet die Schläuche aus, in welchen die in Caravanen vereinigten Reisenden ihr Wasser mit sich führen, und ist deßhalb besonders zu fürchten. Als Burkhardt im Juni 1815 von Tor nach Suez ritt, war an einem Vormittage, während dessen der Samum wehte, ein Drittheil von dem Inhalte seines Schlauches verdunstet. Derselbe Reisende ist überzeugt, daß in allen über die verheerenden Wirkungen dieses Windes veröffentlichten Berichten sehr arge Uebertreibungen sich finden; er hat sich öfter ohne besondere Beschwerde demselben ausgesetzt, und keinen völlig beglaubigten Vorgang gehört, wo dieser Wind unmittelbar den Tod eines Menschen oder irgend eines Thieres veranlaßt hätte.

Wirbel, Arten von Landhosen treten häufig mit dem Samum auf, und treiben Sandmassen sehr hoch in die Lüfte, welche dann der

Atmosphäre je nach der Beschaffenheit des Bodens eine rothe, orange, und selbst blaue Färbung ertheilen; indeß herrscht das Gelb vor. Der Staub vermehrt stets merklich die Temperatur der Atmosphäre.

Im Mai 1813 sah Burkhardt zu Esne in Oberägypten, während des Samums, daß das Thermometer im Schatten bis 49,4° C. (121 F.) stieg. Diese übermäßige Hitze währt aber kaum jemals länger als 1/4 Stunde; sobald der Staub sich legt, sinkt das Thermometer. Die Araber bedecken ihren Kopf, um sich gegen den Flugsand zu schützen, und nicht, wie man wohl gesagt hat, um zu verhindern, daß die Luft sie unmittelbar treffe; Burkhardt hat sie niemals mit dem Gesicht sich auf die Erde legen sehen.

Der Chamsin, durch seine hohe Temperatur sehr auffallend, dauert, wie dies auch sein Name in der Landessprache andeutet, 50 Tage; er beginnt ungefähr 25 Tage vor dem Frühlingsäquinoctium und endigt 25 Tage nach demselben.

In Europa kennt man in Italien den Sirocco, in Spanien den Solano, welche Winde die Einwohner durch die erschlaffende Wärme, die sie begleitet, in einen Zustand großer Mattigkeit versetzen. Auch die neue Welt entgeht ebensowenig der glühenden Einwirkung einiger sehr heißen und trockenen Winde; es wehen solche vom Lande her nach den Küsten Neuhollands, sowie sie sich auch bisweilen in den Llanos am Orinoco zeigen.

Die nachstehenden Zahlen geben eine Vorstellung von der Geschwindigkeit der verschiedenen Arten von Winden:

Geschwindigkeit in einer Secunde.	Geschwindigkeit in einer Stunde.	Stärke des Windes.
0,5 Meter	0,24 Meilen	kaum merklich.
1,0 „	0,48 „	merklich.
2,0 „	0,96 „	mäßig.
5,5 „	2,7 „	ziemlich stark.
10,0 „	4,8 „	stark.
20,0 „	9,6 „	sehr stark.
22,5 „	10,6 „	Sturm.
27,0 „	12,9 „	heftiger Sturm.
36,0 „	17,2 „	Orkan.
45,0 „	21,5 „	Orkan, der Bäume entwurzelt und Häuser umstürzt.

Die Winde, welche sich mit diesen mehr oder weniger großen Geschwindigkeiten bewegen, müssen mehr oder weniger schnelle Aenderungen in den Temperaturen eines jeden Ortes hervorrufen und also einen sehr bedeutenden Einfluß auf das Klima ausüben. Indeß können sie nicht eben so wie auf der Oberfläche des Meeres, wo ihrem Zuge kein Hinderniß entgegentritt, auch auf die Oberfläche der Continente wirken; denn auf letzteren halten Hochebenen und Gebirgsketten sie auf oder ändern ihre Richtung.

Asien wird in der Richtung von West nach Ost von sehr hohen Gebirgsketten durchschnitten, die der Fortpflanzung südlicher Winde oft ein Hinderniß entgegensetzen müssen.

Im Süden von Asien liegt kein ausgedehnter Continent in der heißen Zone; wir finden unter dem Aequator nur kleine Theile der Inseln Sumatra, Borneo, Celebes und Gilolo.

Im Süden von Europa dagegen werden die Gegenden unter dem Aequator und in der heißen Zone von dem breitesten Theile des afrikanischen Festlandes eingenommen.

Wenn die Atmosphären der verschiedenen Gegenden der Erde sich unten oder oben durch eine von Süd nach Nord gerichtete Bewegung mischen, so wird Europa von Afrika günstig wirkende Luftströme empfangen; Asien wird sich nicht in gleichem Grade solcher erfreuen können, weil die südlichen Strömungen nur vom Meere her zu ihm gelangen.

A. von Humboldt hat gefunden, daß im südlichen Amerika die Ausdehnung der Bergregion zu der der Ebenen sich wie 1 : 4 verhält.

Jeder wird nach diesen Zahlen also ermessen, welchen bedeutenden Einfluß eine merkliche Aenderung in dem physischen Zustande der Gebirge und folglich auch der sie umgebenden Atmosphäre auf die klimatischen Verhältnisse eines ganzen Landes ausüben kann.

Zwanzigstes Kapitel.

Wirkung der Meeresströmungen und Meere auf die Klimate.

Wir haben den Winden in Bezug auf Aenderung der Klimate einen sehr bedeutenden Einfluß zugeschrieben. Hätte ich ein Lehrbuch der Meteorologie zu schreiben, so würde ich eine gleiche Wichtigkeit den Meeresströmungen beilegen müssen, welche das unter einer gewissen Breite erhitzte oder erkaltete Wasser unter andere Breitengrade versetzen; hier muß ich mir aber ein weiteres Eingehen ins Einzelne versagen. Indeß möge man mir die Bemerkung gestatten, daß Europa, bezüglich seiner Temperatur schon begünstigt durch das Vorhandensein eines zusammenhängenden Festlandes in den Aequatorealgegenden, das sich durch die Wirkung der Sonnenstrahlen stärker erhitzt, als die flüssige Oberfläche in den Tropengegenden südlich von Asien, — auch des Vortheils genießt, in seinem Norden ein Meer zu haben, das durch einen eigenthümlichen Umstand fast stets bis in sehr hohe Breiten vom Eise frei bleibt. Der gedachte Umstand ist der unter dem Namen des Golfstroms bekannte Strom warmen Wassers, welcher, nachdem er durch den Bahamakanal hervorgebrochen und in einer gewissen Ausdehnung parallel mit der Ostküste der Vereinigten Staaten hingegangen ist, sich nach Europa wendet, und Irland, die shetländischen und orkadischen Inseln, die norwegischen Küsten und die umgebenden Meere erwärmt.

Man vergesse nicht, daß das Meer durch seine Nähe nur unter der Bedingung, daß es flüssig bleibt, einen mildernden Einfluß auf die Kälte in den Continenten ausübt; gefriert das Meer, bedeckt es sich mit Eis und Schnee, so verhält es sich wie das feste Land.

Sollte man meinen, ich übertriebe den Einfluß des Meeres auf die Temperatur der Continente, so will ich als Resultat aus Beobachtungen in Amerika hervorheben, daß die Nähe der großen Seen dort die Temperaturen der umliegenden Gegenden in der Weise ändert, daß sie sich den Temperaturen der Küsten nähern. So muß z. B. der Huron- und Michigansee wirken, die an manchen Punkten über 600 Meter tief sind, wonach ihr Boden mehr als 400 Meter unter dem Niveau des Meeres liegt.

Wirft man übrigens einen Blick auf die Zahlen, welche die Entwickelung der Küsten dei Continente darstellen, so begreift man leicht, daß die Meere auf die Klimate der verschiedenen Länder einen ungleichen Einfluß ausüben müssen. So ist die Ausdehnung der Küsten Europa's drei Mal größer, als wenn dieser Erdtheil bei gleicher Oberfläche ein Kreis wäre.

Für Asien ist dies Verhältniß wie	1 : 2,4.
Für Afrika	1 : 1,4.
Für Neuholland	1 : 1,4.
Für Südamerika	1 : 1,6.
Für Nordamerika	1 : 2,9.

Ich füge die folgende Thatsache bei, als Beispiel eines Ortes, an welchem die Nähe des Meeres ein besonders sehr anomales Klima hervorbringt. In der Nähe des Hafens von Salcombe in Devonshire dauern unter mehr als 50° n. Br. die Myrthen im Winter ohne Schutz im freien Lande aus. Im Jahre 1774 blühte daselbst eine Agave; sie war 28 Jahre alt und niemals bedeckt worden. Man sieht auf eben dieser Küste Pommeranzenbäume an Spalieren, die kaum bedeckt werden, Früchte tragen.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Klimate. — Dauer der Tage und Nächte an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten. — Zonen auf der Erdoberfläche.

Wie wir gesehen, ist die von der Sonne den verschiedenen Punkten unserer Erde zugesandte Wärme die einzige Quelle der Erwärmung der Oberfläche der letztern. Je länger die Sonne ihre wohlthuenden Strahlen in einer der Verticalen eines Ortes genäherten Richtung sendet, um so höher ist die Temperatur desselben. Im 11. Bande (S. 240) habe ich früher gezeigt, daß die Dauer der Tage und folglich auch der Nächte in allen Gegenden der Erde stets von der Declination des Mittelpunktes der Sonne und von der Lage des Ortes in Bezug auf die Oberfläche unseres Planeten abhängt. Je weniger der Horizont eines Ortes gegen den Erdäquator geneigt ist, um so mehr wächst die größte Länge des Tages und der Nacht im Verlaufe eines

Jahres, und desto weniger erhebt sich die Sonne über den Horizont. Unter dem Worte Klima, das im Griechischen Neigung bedeutet, versteht man eine Zone auf der Erdkugel, deren Breite so beschaffen ist, daß auf dem einen der beiden sie einschließenden und mit dem Aequator parallelen Kreise der längste Tag eine Stunde länger ist als auf dem andern. Der längste Tag entspricht der größten Declination der Sonne, die in runden Zahlen 23° 28′ beträgt, und dieser längste Tag im Jahre ist um so länger, je größer die Breite oder die Polhöhe eines Ortes. Daraus folgt, daß, während unter dem Aequator stets Tag und Nacht gleich lang sind, für einen unter 66° 32′ (dem Ergänzungswinkel von 23° 28′ zu 90°) gelegenen Ort eine Zeit eintreten muß, wo die Sonne nicht untergeht oder in 24 Stunden einen ganz über dem Horizonte liegenden Kreis beschreibt.

Für jeden Punkt der nördlichen Hemisphäre, dessen Breite größer als 66° 32′ ist, zeigt das Jahr vier unterschiedene Perioden; um die Frühlingsnachtgleiche geht die Sonne in jeden 24 Stunden auf und unter, und die Dauer des Tages nimmt dann zu bis zu 24 Stunden, während die Dauer der Nacht bis Null abnimmt. In der zweiten Periode, um die Zeit des Sommersolstitiums, geht die Sonne nicht unter und gibt es keine Nacht. In der dritten Periode, in deren Mitte das Herbstäquinoctium liegt, nehmen die Tage von 24 Stunden ab bis zu Null, während die Nächte von Null bis zu 24 Stunden wachsen. In der vierten Periode endlich, welche das Wintersolstitium enthält, geht die Sonne nicht auf, die Nacht dauert fort, es gibt keinen Tag. Je mehr man sich dem Pole nähert, um so mehr dehnen sich die zweite und vierte Periode aus; am Pole selbst sind die erste und dritte auf Null reducirt, und das Jahr ist in zwei Abschnitte getheilt, während welcher die Sonne entweder über oder unter dem Horizonte ist, und mit dieser Ebene parallele Kreise beschreibt, so daß die von ihr ausgesandten Strahlen stets schief auf die Oberfläche treffen, und folglich die geringste Erwärmung hervorbringen.

An allen Punkten der nördlichen und südlichen Halbkugel, deren Breite größer als 66° 32′ ist, gibt es also gewisse Zeiten im Jahre, in welchen die Sonne mehrere Tage nicht auf- oder nicht untergeht. Die beiden mit dem Aequator parallelen Kreise, welche in 66° 32′

nördlicher oder südlicher Breite gezogen werden und in den Figuren 244 und 245 im 13. Bande (S. 128) gezeichnet sind, führen den Namen der Polarkreise, und die beiden Calotten der Erdoberfläche, welche diese Kreise zu Grundflächen haben, heißen die kalten Zonen. Die Zone am Nordpole wird auch die arktische Zone genannt, von ἄρκτος Bär, dem Sternbilde, das sich in der Nähe des Nordpoles*) findet, um welchen sich das Firmament zu drehen scheint. Die am Südpole gelegene Zone heißt die antarktische.

Der innerhalb der beiden Polarkreise gelegene Theil der Erde umfaßt alle diejenigen Orte, an welchen die Sonne jeden Tag im Jahre auf und unter geht; man theilt ihn in drei Zonen. Gehen wir auf der nördlichen Halbkugel vom Frühlingsäquinoctium aus, so beschreibt die Sonne, welche in ihrer täglichen scheinbaren Bewegung den Aequator durchlief und sich folglich dem Zenithe eines jeden Ortes bis auf eine der Breite desselben gleiche Größe näherte, jeden Tag einen Kreis an der Himmelskugel, der von dem Aequator um eine ihrer Declination gleiche Größe absteht, und ihre Zenithdistanz am Mittage wird gleich der Breite des Ortes vermindert um die Declination der Sonne. Es wird also ein Tag kommen, wo die Sonne durch das Zenith eines gegebenen Ortes selbst hindurchgeht, vorausgesetzt, daß die Breite des letztern höchstens gleich ist der größten nördlichen Declination der Sonne, die im Sommersolstitium 23° 28′ beträgt. Eine ähnliche Schlußfolge läßt sich auch auf die andere Halbkugel anwenden. Wenn man also auf der Erdkugel zwei dem Aequator parallele Kreise unter 23° 28′ sowohl nördlicher als südlicher Breite zieht, so schließen diese beiden Kreise alle Orte ein, an welchen man die Sonne zu gewissen Zeiten des Jahres im Zenith erblickt. Die beiden in Fig. 244 und 245 (Bd. 13. S. 128) gezogenen Parallelkreise heißen Wendekreise oder Tropici, und der zwischen ihnen eingeschlossene Gürtel wird die heiße oder tropische Zone genannt. Der nördliche Wendekreis ist der des Krebses, der südliche der des Steinbocks. Diese Benennungen gründen sich darauf, daß die Sonne durch das Zenith irgend eines auf diesen beiden Kreisen gelegenen Ortes geht, wenn

*) Das griechische Wort πολέω bezeichnet ich drehe.

sie ins Zeichen des Krebses oder des Steinbocks tritt, d. h. im Sommer- oder im Wintersolstitium. Die Bezeichnung tropisch kommt her vom griechischen Worte τρέπω (ich kehre um), weil die Sonne, nachdem sie vom Aequator aus gegen Norden oder Süden vorgerückt ist, um das Zenith der auf beiden genannten Kreisen liegenden Orte zu erreichen, umkehrt, und sich dem Aequator wieder nähert.

In allen Punkten der heißen Zone geht die Sonne zwei Mal im Jahre durch das Zenith; auf den beiden Wendekreisen nur ein Mal, und alle außerhalb derselben gelegenen Orte sehen sie niemals im Zenith.

Der zwischen dem Wendekreise des Krebses und dem nördlichen Polarkreise liegende Erdgürtel heißt die nördliche gemäßigte Zone, und der zwischen dem Wendekreise des Steinbocks und dem südlichen Polarkreise eingeschlossene die südliche gemäßigte Zone.

Der Flächenraum beider kalten Zonen zusammen beträgt 0,082 der Erdoberfläche; beide gemäßigten Zonen zusammen machen 0,520 derselben aus, während die von einem Wendekreise bis zum andern reichende heiße Zone den 0,398 Theil bildet.

Die Dauer des längsten Tages und folglich auch der längsten Nacht in den verschiedenen Klimaten ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Breiten, welche die Grenzen der Klimate angeben.		Dauer des längsten Tages in jedem Klima.
0°	0′	12 Stunden.
16	44	13 "
30	48	14 "
41	24	15 "
49	2	16 "
54	31	17 "
58	27	18 "
61	19	19 "
63	23	20 "
64	50	21 "
65	48	22 "
66	21	23 "
66	32	24 "
67	23	1 Monat.
69	31	2 "

Breiten, welche die Grenzen der Klimate angeben.		Dauer des längsten Tages in jedem Klima.	
73	40	3	Monat.
78	11	4	=
84	5	5	=
90	0	6	=

Ich schließe hieran noch eine Tabelle über die Dauer des längsten und kürzesten Tages unter den verschiedenen Breiten vom Erdäquator bis zu den Polarkreisen in beiden Halbkugeln:

Breiten.	Dauer des längsten Tages.		Dauer des kürzesten Tages.	
0°	12 St.	0 M.	12 St.	0 M.
5	12 =	17 =	11 =	43 =
10	12 =	35 =	11 =	25 =
15	12 =	53 =	11 =	7 =
20	13 =	13 =	10 =	47 =
25	13 =	34 =	10 =	26 =
30	13 =	56 =	10 =	4 =
35	14 =	22 =	9 =	38 =
40	14 =	51 =	9 =	9 =
45	15 =	26 =	8 =	34 =
50	16 =	9 =	7 =	51 =
55	17 =	7 =	6 =	53 =
60	18 =	30 =	5 =	30 =
65	21 =	9 =	2 =	51 =
66°32′	24 =	0 =	0 =	0 =

In beiden Hemisphären ändert sich jenseit der Polarkreise die Dauer des Tages von 0 bis 24 Stunden in dem Theile des Jahres, wo die Sonne auf oder untergeht. Die Anzahl der Tage, während welcher die Sonne unter den verschiedenen Breiten von 66° 32′ bis 90° beständig oberhalb oder beständig unterhalb des Horizontes verweilt, findet sich in der folgenden Tabelle, in Bezug auf welche ich nur noch erinnere, daß die Erscheinungen in den beiden kalten Zonen gerade die entgegengesetzten sind:

Nördliche oder südliche Breite	Die Sonne geht in der nördlichen Halbkugel nicht unter, in der südlichen nicht auf, während ungefähr	Die Sonne geht in der südlichen Halbkugel nicht unter, in der nördlichen nicht auf, während ungefähr
66° 32′	1 Tag	1 Tag
70	65 =	60 =

Nördliche oder südliche Breite	Die Sonne geht in der nördlichen Halbkugel nicht unter, in der südlichen nicht auf, während ungefähr	Die Sonne geht in der südlichen Halbkugel nicht unter in der nördlichen nicht auf, während ungefähr
75	103 Tag	97 Tag
80	134 =	127 =
85	161 =	153 =
90	186 =	179 =

Ich muß hier aber bemerken, daß in der vorstehenden Theorie der Klimate überall angenommen worden ist, daß die Sonne auf ihren Mittelpunkt reducirt wäre, und daß außerdem auch die durch Refraction des Lichtes und der Wärme in der Erdatmosphäre erzeugten Phänomene der Morgen- und Abenddämmerung unbeachtet geblieben sind. Da der Sonnendurchmesser 32′ beträgt, so muß man die Breite, wo die Sonne gänzlich verschwinden würde, um 16′ weiter zurückverlegen. Da ferner die Refraction die Sonne am Horizonte um mehr als 33′ erhebt, so würde man noch um diese Größe die absoluten Polarkreise entfernen müssen. Endlich tritt nur dann vollständige Nacht ein, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht, (Bd. 13. S. 147); man würde also auch noch auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen haben, woraus erhellt, daß in den Polargegenden der Tag nur selten absolut aufhört und die vollständige Nacht von den Beobachtern daselbst fast nicht gekannt ist.

Wie bereits oben bemerkt, sind die Jahreszeiten in den beiden Halbkugeln einander entgegengesetzt; sie sind übrigens nichts weiter als die Zeiträume, welche die Erde gebraucht, um die zwischen den Aequinoctien und Solstitien gelegenen vier Abschnitte ihrer Bahn zu durchlaufen. Wegen der Excentricität der Erdbahn ist kraft des zweiten Keppler'schen Gesetzes (Bd. 12. S. 200) die Dauer der Jahreszeiten ungleich; die Zahlen dafür finden sich in der folgenden Tabelle, welche zeigt, wie es zugeht (was bereits oben S. 461 erwähnt), daß die Sonne jedes Jahr ungefähr acht Tage länger in der nördlichen als in der südlichen Halbkugel verweilt.

Herbst	89 T.	18 St.	35 M.
Winter	89 =	0 =	2 =
Verweilen der Sonne in der südlichen Halbkugel	178 =	18 =	37 =

Frühling	92 T.	20 St.	59 M.
Sommer	93 „	14 „	13 „
Verweilen der Sonne in der nördlichen Halbkugel	186 „	11 „	12 „

Der Einfluß der Ungleichheit in der Tageslänge und der Zenithdistanz der Sonne tritt in nachstehender Tabelle hervor, in welcher die die Temperaturen von Paris mit denen von Paramaribo, eines nicht weit von Cayenne auf den Küsten Guyanas in der Nähe des Aequators gelegenen Ortes verglichen sind:

	Paris (48° 50′ n. Br.).			Paramaribo (5° 45′ n. Br.).		
Jahreszeiten	Mittlere Tageslänge	Mittlere Zenithdistanz der Sonne	Mittlere Temperatur der Jahreszeit	Mittlere Tageslänge	Mittlere Zenithdistanz der Sonne	Mittlere Temperatur der Jahreszeit
Winter	9 St. 45 M.	63° 15′	3°2	12 St.	20° 15′	25°9
Frühling	14 „ 30 „	33 45	10, 3	12 „	9 15	25, 3
Sommer	14 „ 30 „	33 45	18, 3	12 „	9 15	26, 9
Herbst	9 „ 45 „	63 15	11, 1	12 „	20 15	28, 2
Mittlere Temperatur des Jahres			10, 7			26, 5

In den gemäßigten Klimaten verliert die Erde im Herbst die Wärme, welche sie im Sommer gewonnen hat, und erreicht das Maximum der Kälte im Winter. In der heißen Zone weichen die mittleren Temperaturen der Jahreszeiten, wie man sieht, wenig von einander ab; das Maximum tritt ein im Herbst, das Minimum im Frühling.

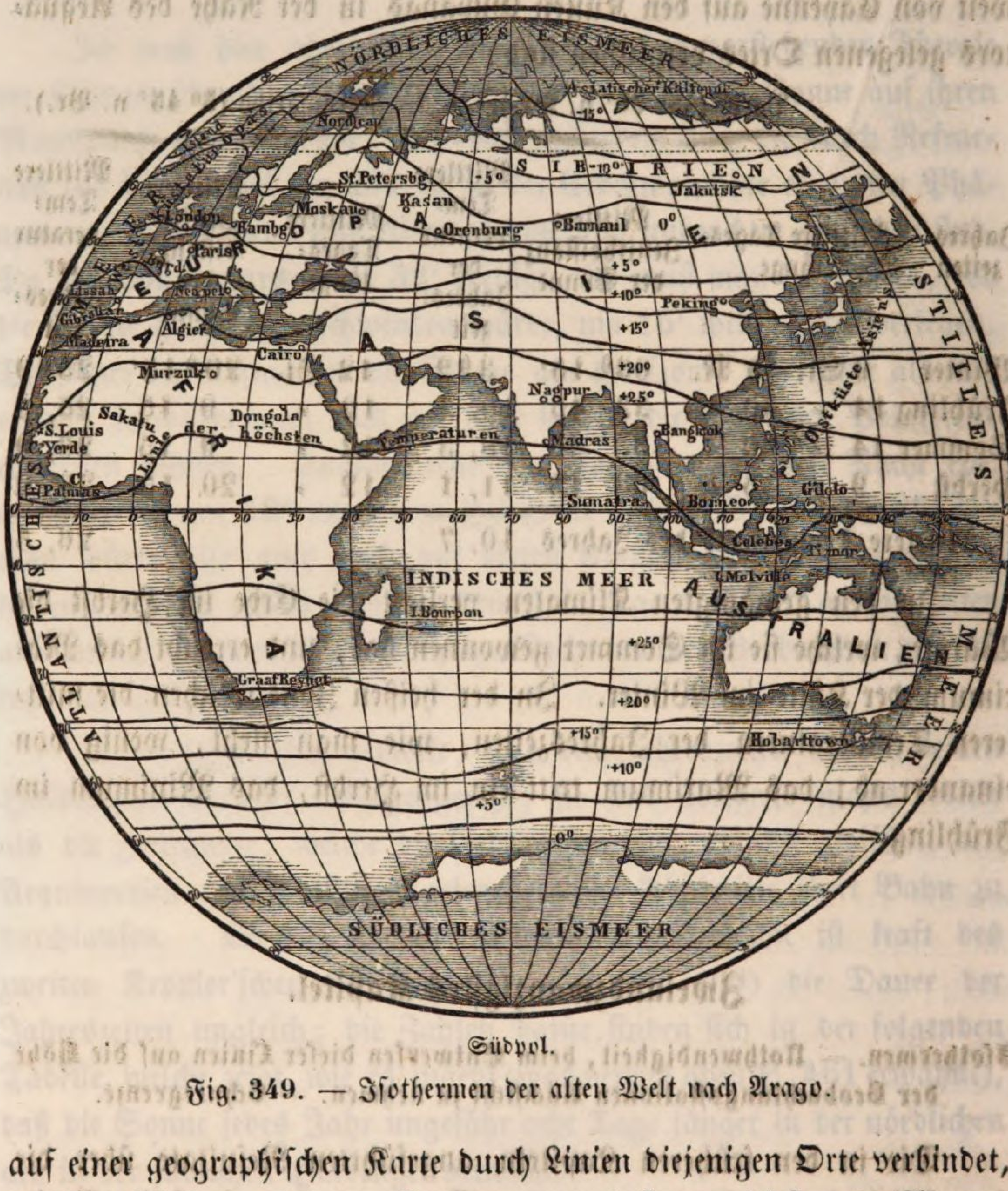
Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Isothermen. — Nothwendigkeit, beim Entwerfen dieser Linien auf die Höhe der Beobachtungsstationen Rücksicht zu nehmen. — Schneegrenze.

Die in den früheren Kapiteln angeführten Resultate über die Unterschiede in den Temperaturen von Orten, die unter derselben Breite liegen, sind seit langer Zeit bekannt; man findet sie in Bezug auf Amerika bis zum 10. Grade in einer Abhandlung Holyoke's, die im

Jahre 1793 in den Abhandlungen der amerikanischen Akademie gedruckt ist; allgemein bekannt indeß sind sie erst seit der Zeit geworden, wo mein berühmter Freund A. v. Humboldt auf die Idee kam, dieselben, nachdem er sie durch seine eigenen Untersuchungen vervollständigt hatte, graphisch darzustellen[7]). Jeder weiß jetzt, daß wenn man

Nordpol.



Südpol.

Fig. 349. — Isothermen der alten Welt nach Arago.

auf einer geographischen Karte durch Linien diejenigen Orte verbindet, welche dieselben mittleren Temperaturen besitzen, diese von A. von Humboldt mit Recht Isothermen genannten Linien durchaus nicht mit dem Aequator parallel laufen oder in allen ihren Punkten gleichen

Breiten entsprechen; besonders stark sind die Abweichungen in unsern Klimaten. Aus der Figur 349 und 350 ersieht man, daß z. B. die Isothermen von 10°, welche in der Nähe der Westküste Europas durch 52° Breite geht, an der Westküste Amerikas bis zu 44° Breite und an der Ostküste desselben bis zu 40° herabsinkt, und die Ostküste des

Nordpol.



Südpol.

Fig. 350. — Isothermen der neuen Welt nach Arago.

alten Continentes unter 43° schneidet. Alle in der angegebenen Weise von A. von Humboldt gezogenen Isothermen wenden ihren convexen Scheitel der Westküste Europas zu und sinken zu beiden Seiten dieser Scheitel in dem Maaße herab, als man sich Amerika und Asien nähert.

Der bloße Anblick der Figuren 349, 350, 351 und 352, welche die Isothermen darstellen, lehrt, daß diese Linien zwischen den Wendekreisen sich nicht bedeutend von den Parallelkreisen der Erdkugel entfernen, daß sie aber auf der nördlichen Halbkugel um so mehr davon abweichen, je niedrigeren Temperaturen sie entsprechen [8]).



Fig. 351. — Isothermen der nördlichen Halbkugel in stereographischer Projection.

Bemerken will ich, daß man beim Entwerfen dieser Linien nur solche in den verschiedenen Klimaten gemachte Thermometerbeobachtungen mit einander vergleichen darf, die in geringer Höhe über dem Meeresniveau angestellt sind; denn je höher man in der Atmosphäre,

sei es in Luftballons oder auf dem Kamme der Gebirge steigt, desto mehr sinkt die Temperatur.

Es wird nöthig sein, einige Worte über die Ursachen dieser Temperaturabnahme zu sagen, da man nicht immer ganz richtige Vorstellungen davon gehabt hat.

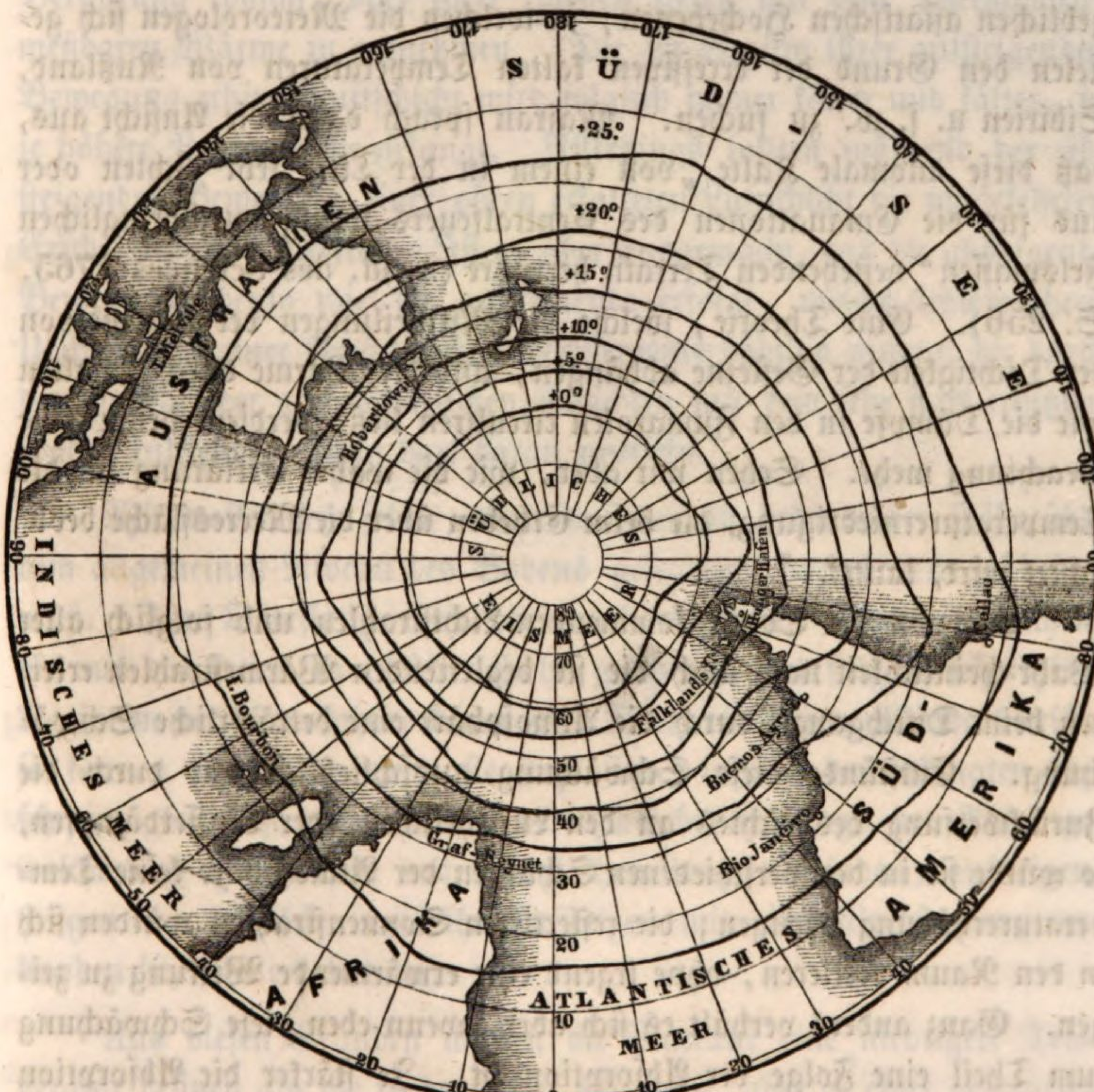


Fig. 352. — Isothermen der südlichen Halbkugel in stereographischer Projection.

Die Reisenden bemerkten bald, daß die Strenge der Winter rasch stieg, je weiter man in Europa auf demselben Parallelkreise von Westen nach Osten vorschritt. Man suchte diese Erscheinung in folgender Weise zu erklären: der Boden sollte sich allmälich in der Richtung

von West nach Ost erheben und Moskau, Kasan u. s. w. bereits auf sehr hohen ausgedehnten Plateaux liegen; die Temperaturen dieser Städte würden also streng genommen nicht mit den Temperaturen von Orten unter gleicher Breite, welche dem Meeresniveau näher lägen, verglichen werden dürfen.

Die Beobachtungen des Abbé Chappe beseitigten zuerst die angeblichen asiatischen Hochebenen, in welchen die Meteorologen sich gefielen den Grund der excessiven kalten Temperaturen von Rußland, Sibirien u. s. w. zu suchen. Mairan sprach dann die Ansicht aus, daß diese anomale Kälte „von einem in der Tiefe sehr dichten oder aus für die Emanationen des Centralfeuers wenig durchdringlichen Felsmassen" bestehenden Terrain herrühre (Acad. des Sciences 1765, S. 256). Eine Theorie, welche die Mittheilungen der Wärme von der Dichtigkeit der Gesteine abhängen, und die Wärme durch Spalten wie die Dämpfe in den Fumarolen circuliren ließ, verdient heute keine Beachtung mehr. Sehen wir aber, wie die wahre Erklärung für die Temperaturerniedrigung, die beim Erheben über die Meeresfläche beobachtet wird, lautet.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen und folglich aller Wahrscheinlichkeit nach auch die sie begleitenden Wärmestrahlen erleiden beim Durchgange durch die Atmosphäre eine beträchtliche Schwächung. Entstünde diese Schwächung ausschließlich nur durch die Zurückwerfung des Lichtes an den Lufttheilchen oder Wasserdämpfen, so würde sie in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre keine Temperaturerhöhung erzeugen; die reflectirten Sonnenstrahlen würden sich in den Raum verlieren, ohne irgend eine erwärmende Wirkung zu zeigen. Ganz anders verhält es sich aber, wenn eben diese Schwächung zum Theil eine Folge der Absorption ist. Je stärker die Absorption ist, um so beträchtlicher ist die von dieser Ursache abhängende Temperaturerhöhung. Nun ist die Luft in großer Höhe viel durchsichtiger als in der Nähe des Bodens. Die dem letztern benachbarten atmosphärischen Schichten müssen also schon aus dieser einzigen jetzt in Rede stehenden Ursache heißer sein als die in bedeutender Höhe liegenden Schichten. Ein anderer noch sicherer und wirksamerer Grund der Temperaturabnahme mit der Erhebung ist bereits in den zu Anfang

dieses Buches zusammengestellten allgemeinen Betrachtungen (S. 445) angegeben worden: die durch ihre Berührung mit dem Boden erhitzten atmosphärischen Schichten streben aufwärts zu steigen, und dehnen sich beim Aufsteigen aus; die Luft kann aber in diesem neuen verdünnten Zustande nicht bestehen, ohne die ganze ihr nöthige Wärme entweder den Körpern, mit denen sie bei ihrer aufsteigenden Bewegung in Berührung kommt, oder ihrer eigenen freien mit dem Thermometer meßbaren Wärme zu entnehmen. Die im Beginn ihrer aufsteigenden Bewegung erhitzte Luftschicht wird folglich immer kälter und kälter, in je höhere Regionen sie gelangt. Allerdings sollten während der absteigenden Bewegung einer obern erkalteten Luftschicht die umgekehrten Erscheinungen eintreten. Ist es aber ausgemacht, daß die absteigende Bewegung ebenso wie die aufsteigende erfolgt, welche letztere ihren Ursprung in einer beträchtlichen Temperaturerhöhung nimmt, die durch den Contact der atmosphärischen Schichten mit dem sehr stark erhitzten Boden entsteht? Man darf daran zweifeln.

Wir wollen jetzt sehen, was auf den in bedeutender Höhe über dem allgemeinen Niveau des Bodens gelegenen Hochebenen geschehen muß. Ihre Oberfläche wird oft von horizontalen Winden bestrichen, die aus den freien in gleicher Höhe gelegenen und folglich sehr kalten Regionen der Atmosphäre kommen. Was die tiefern Winde betrifft, so können dieselben, wenn sie stark sind, infolge der erlangten Geschwindigkeit fast zum Niveau der Hochebenen längs der Abhänge, welche diese Hochebenen mit dem flachen Lande verbinden, aufsteigen, langen aber daselbst, weil ihr Aufsteigen mit einer Verdünnung verbunden ist, sehr erkaltet an.

Aus diesen Gründen müssen die Plateaux eine niedrigere Temperatur besitzen als die in denselben Klimaten, aber in einer geringeren Höhe über dem Niveau des Meeres gelegenen Ebenen. Man sieht also, weshalb die Temperaturen der Plateaux, wenigstens ohne Modificationen, zur Construction der Isothermen nicht verwendet werden können.

Die Beobachtung lehrt, daß in der heißen Zone und in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel die Correction, welche durch

die Erhebung der Orte über die Meeresfläche nöthig wird, nicht denselben Werth besitzt.

In der heißen Zone hat man folgende Zahlen erhalten:

Ort.	Breite.	Höhe über dem Meeresspiegel in Metern.	Mittlere Jahrestemperatur.
Cumana	10° 28′ nördl.	0	27° 1
Caracas	10 31 „	930	21,9
Popayan	2 26 „	1809	17,5
Quito	0 14 südl.	2918	15,2
Meierei auf dem Antisana	0 14 „	4072	3,4
Gletscher des Antisana	0 14 „	5460	—1,7

Eine Abnahme der Temperatur um 1° entspricht einer Erhebung von 194 Meter.

In der gemäßigten Zone sind die Resultate folgende:

Ort.	Breite.	Höhe über dem Meeresspiegel in Metern.	Mittlere Jahrestemperatur.
Bordeaux	44° 50′ nördl.	0	13° 1
Genf	46 12 „	375	9,0
St. Gotthard	46 33 „	2075	—0,8
St. Bernhard	44 50 „	2491	—1,3

Eine Abnahme der Temperatur um 1° entspricht einer Erhebung von 173 Metern.

In einer gewissen Höhe über dem mittlern Meeresniveau herrscht eine Temperatur, die niemals merklich und auf längere Zeit über 0° steigt; der Schnee hört dort auf zu schmelzen; unterhalb verschwindet er bisweilen während des Sommers, oberhalb liegt er beständig. Die bezeichnete Region bildet die sogenannte Schneegrenze. Nach den Beobachtungen meiner Freunde Boussingault, A. v. Humboldt und Pentland liegt dieselbe in den verschiedenen Klimaten in folgenden Höhen:

Namen der Gebirge.	Breite.	Höhe in Metern.	
Anden von Quito	1° 30′ südl.	4820	Schneegrenze in der südlichen Halbkugel.
Anden von Chili	33 0	4483	
Anden von Patagonien	42 30	1832	
Magelhanische Anden	53 30	1130	

Namen der Gebirge.	Breite.		Höhe in Metern.	
Vulkan von Purace	2°	15′ nördl.	4700	
Mexikanische Cordilleren	17	30	4500	
Himalaya	30	0	5067	
Pyrenäen	42	30	2728	Schneegrenze in der nördlichen Halbkugel.
Alpen	46	0	2700	
Unalaschka	53	40	1070	
Island	65	0	936	

Zu Paris haben die im Luftballon gemachten Beobachtungen folgende Resultate geliefert:

Auf Gay-Lussac's Luftfahrt am 16. September 1804 zeigte das Thermometer am Boden 27°,5, und in 7016 Meter Höhe —9°,5; Differenz 37°,0.

Auf der Luftfahrt von Barral und Birio am 27. Juli 1850 war die Temperatur an der Erdoberfläche 17°,6, und in 7049 Meter Höhe —39°,7; Differenz 57°,3.

Die Vegetation geht in den verschiedenen Klimaten bis nahe zu den Höhen hinauf, wo der ewige Schnee beginnt. Am Chimborazo sah Boussingault in 4800 Meter Höhe, wo die mittlere Temperatur noch 1°,5 betrug, Saxifragen auf dem Gesteine sitzen. In Europa, auf den hohen Gipfeln der schweizer Alpen, geschieht es kaum, daß einzelne sparsame Flechten in einer Höhe von 2700 Meter die von Schnee befreiten Felsen färben.

Pentland hat gefunden, daß die untere Grenze des ewigen Schnees auf den Abhängen der östlichen Cordilleren von Hoch-Peru sehr selten unter 5200 Meter herabsteigt, während sie in den Anden von Quito, obschon letztere dem Aequator viel näher sind, nur 4800 beträgt, wie die obige Tabelle angibt.

Beim Uebergange des Passes der Altos von Toledo im Monat October fand Pentland, daß auf dem Inchocajo, welcher zur westlichen Cordillere gehört, die untere Grenze des Schnees 400 Meter oberhalb des Passes oder 5130 Meter über dem Meere lag.

Der nördliche Abfall des Himalaya hatte schon eine ähnliche Abweichung und zwar aus ganz gleichem Grunde gezeigt; dieselbe erklärt sich nämlich durch den Einfluß, welchen große Hochebenen nothwendig auf das Gesetz der Temperaturabnahme in der Atmosphäre

ausüben müssen. Es ist einleuchtend, daß wenn dies Gesetz in freier Atmosphäre mittelst Luftfahrten gefunden worden wäre, die erhaltenen Zahlen angenähert die Temperaturen der verschiedenen Zonen eines Berges liefern würden, wofern dieser Berg isolirt auf einer kleinen im Niveau des Meeres gelegenen Grundfläche sehr steil emporstiege. Dies dürfte aber durchaus nicht mehr der Fall sein, wenn der Berg auf einer weiten schon in fast gleicher Höhe gelegenen Hochebene stände; die Temperatur würde im letztern Falle merklich höher ausfallen als im erstern. Durch den Einfluß der Hochebene, auf welcher die beiden peruanischen Cordilleren ruhen, erklärt sich auch, wie das organische Leben daselbst in so bedeutender Höhe sich erhält. In den mexikanischen Anden zwischen 18 und 19° nördl. Br. verschwindet jede Vegetation in der Höhe von 4290 Meter, während in Peru, auf der Fortsetzung derselben Gebirgskette, in größeren Höhen nicht nur eine zahlreiche ackerbauende Bevölkerung, sondern selbst noch Dörfer und große Städte gefunden werden. Gegenwärtig bewohnt ein Drittheil der Bevölkerung der bergigen Gegenden Perus und Bolivias Regionen, die viel höher liegen als diejenigen, wo unter gleicher Breite in der nördlichen Halbkugel jede Vegetation aufhört.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Können die Arbeiten der Menschen das Klima eines gegebenen Ortes abändern?

Man weiß, daß der Schnee sich längere Zeit im Innern der Wälder erhält, und kann auch leicht den Grund dieser Thatsache angeben: in der Nähe der Wälder vermögen die erwärmten Luftschichten nicht so schnell zu der Schneeschicht zu gelangen, und die Sonnenstrahlen dieselben nicht so rasch zu schmelzen; die winterliche Temperatur muß deshalb dort länger dauern als im freien Felde. Schlagen die Menschen die Wälder nieder, so ändern sie bis auf einen gewissen Punkt das Klima der umliegenden Gegenden. Besonders charakterisirt aber die Abwesenheit großer Waldungen die Fortpflanzung der Winde; die Wälder wirken als Schutz; ihre Ausrottung öffnet den thermischen

Einflüssen der heißen und kalten Winde einen freien Lauf, welche dann die Temperatur in der Nachbarschaft der Orte, wo sie wehten, modificiren werden.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Sind die Klimate durch neuere Erdrevolutionen umgekehrt worden?

Alle Gegenden Europas enthalten theils in den Höhlen von Gebirgen, theils in mäßiger Tiefe in Schichten von bestimmter Beschaffenheit versteinerte Knochen von Rhinoceroten, Elephanten u. s. w., also von Thiergattungen, die in ihren jetzt lebenden Arten die Kälte unserer Klimate nicht mehr ertragen könnten. Man muß also annehmen, entweder daß Europa im Laufe der Jahrhunderte bedeutend kälter geworden, oder daß bei einer der heftigen Wasserfluten, deren Schauplatz unsere Erde gewesen ist, von Süden nach Norden gerichtete Ströme die Ueberreste zahlreicher jetzt nicht mehr vorhandener Arten von Thieren mit sich fortgeführt haben.

Merkwürdige Thatsachen haben aber gezeigt, daß diese letzte Erklärung, wenn sie genügen soll, modificirt werden muß; erstens nämlich die Auffindung eines so vollkommen erhaltenen Rhinoceros, daß es noch mit Fleisch und Fell bedeckt war, im Jahre 1771 in geringer Tiefe an den sandigen Ufern des Wilhui in Sibirien, und zweitens die etwas später im Jahre 1799 an den Ufern des Eismeeres in der Nähe der Lenamündung gemachte noch merkwürdigere Entdeckung eines riesigen Elephanten, der in eine gefrorne Schlammasse eingeschlossen war, und dessen Fleisch sich so wenig verändert zeigte, daß die anwohnenden Jakuten es zerlegten, um ihre Hunde damit zu füttern. In diesen Fällen würde der Gedanke an einen Strom, an ein Fortführen, an einen weiten Transport von Süden nach Norden nicht mehr zulässig erscheinen; denn wenn die beiden erwähnten großen Thiere nicht bald nach dem Tode eingefroren wären, so würde die Fäulniß ihr Fleisch zersetzt haben. Man kommt also zu der Annahme, einerseits daß Sibirien ehemals ein warmes Land sein mußte, weil Elephanten und Rhinoceroten dort lebten, und andererseits, daß die Katastrophe, welche

diesen Thieren den Tod brachte, jene Gegend plötzlich in Eis verwandelte.

Bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse sieht man anfangs nur eine einzige Ursache, welche den Temperaturzustand einer Gegend fast plötzlich in entschiedener Weise zu ändern vermag; es ist dies eine plötzliche Aendtrung der Breite. Jeder andere Umstand scheint nur unbedeutende Modificationen hervorrufen zu können.

Wenn dicker Reif Spitzbergen sechs Monate lang bedeckt, so liegt der Grund allein in der Nähe des einen Poles der Erde. Könnte man den Pol um 9C° auf der Oberfläche der Erde verrücken, so würde diese Inselgruppe sich unter dem Aequator befinden, und ihre dürren Thäler, dann durch die Sonnenwärme befruchtet, die reichste Vegetation erzeugen. Denken wir uns, es träfe die Umdrehungsaxe der Erde die Oberfläche in irgend einem Punkte von Peru oder Brasilien, ohne daß die Neigung des Aequators gegen die Ekliptik sich änderte, so würden bald Eisberge in den Häfen von Callao und Rio de Janeiro schwimmen. Die Tausende von Pflanzen, welche gegenwärtig den Reichthum und den Schmuck jener Gegenden bilden, würden unter dicken Schneemassen sterben und durch einige Flechten ersetzt werden. Ich glaube, man darf unbedenklich annehmen, daß es, wenn die eine oder andere Tropengegend plötzlich zum Pole der Erde gemacht würde, dort an der Oberfläche in weniger als 24 Stunden frieren würde.

Das Problem, welches der sibirische Elephant veranlaßt hat, kommt also schließlich darauf zurück, zu untersuchen, ob die Richtung der Umdrehungsaxe unserer Erde plötzlich verändert worden sein kann.

Eine solche Aenderung, besonders wenn sie plötzlich eingetreten sein muß, würde aber durch die Kräfte, deren Einwirkungen unsere Erde täglich unterworfen ist, nicht erzeugt werden können; wenn dagegen irgend ein großer fremder Körper heftig gegen die Erde stieße, so würde eine merkliche Verrückung ihrer Umdrehungsaxe die fast nothwendige Folge davon sein. Ich sage fast, weil es Richtungen gibt, in welchen der Stoß, möchte er übrigens noch so stark sein, doch jene Axe in ihrer ursprünglichen Lage lassen würde.

Augenscheinlich sind die Kometen die einzigen Körper, mit welchen unsere Erde jemals zusammentreffen könnte. Der Elephant der Lena,

das Rhinoceros des Wilhui schienen also trotz alles Befremdlichen, was man in dieser Zusammenstellung finden mag, zu beweisen, daß im Laufe der Jahrhunderte ein solches Zusammentreffen vorgekommen. Dieser Beweis mußte denjenigen einwurfsfrei erscheinen, die als ausgemacht annahmen, daß die Elephanten in dem jetzigen Klima Sibiriens nicht haben leben können; indeß dürften sich in dieser Hinsicht einige Zweifel erheben, über welche der Leser selbst urtheilen möge.

In Bezug auf Gestalt und Größe hatte der Elephant des Eismeeres die größte Aehnlichkeit mit den gegenwärtig in Afrika und Asien lebenden Arten dieser Thiere. Die Stoßzähne desselben waren länger als drei Meter; der Kopf wog mehr als 400 Pfund u. s. w.; die Haut zeichnete sich aber durch einen ganz besondern, bemerkenswerthen Umstand aus: sie war mit einem schwarzen Grannenhaar und einem röthlichen Wollhaar bekleidet. Die Eisbären hatten beim Verzehren des Fleisches mehr als 30 Pfund Woll- und Grannenhaar mit ihren Füßen in den feuchten Boden eingetreten, woraus sie Adams wieder hervorzog. Der Hals war mit einer langen Mähne versehen.

Dieses doppelte Haarkleid des sibirischen Elephanten, die $2^1/_2$ bis 3 Zoll langen steifen Haare, welche die Haut des Rhinoceros vom Wilhui bedeckten, waren der Strenge des sibirischen Klimas angemessen, so daß es zum wenigsten erlaubt ist zu fragen, ob diese Thiere nicht würden niedrige Temperaturen haben aushalten können, welche die jetzt lebenden verwandten Arten ohne solche Bedeckungen nicht zu ertragen vermöchten. Uebrigens hat mein berühmter Freund A. von Humboldt auf seiner Reise nach Asien eine äußerst wichtige Thatsache gesammelt, die sich an unseren Gegenstand anschließt und neues Licht auf denselben werfen zu können scheint. Er hat nachgewiesen, daß der Königstiger aus Ostindien, den man gewohnt ist einen Bewohner der heißen Zone zu nennen, noch jetzt in Asien bis in sehr hohe Breiten hinaufgeht, daß er z. B. im Sommer Streifzüge bis an den westlichen Abfall des Altai in die Nähe von Barnaul macht, wo mehrere dieser Thiere von außerordentlicher Größe erlegt worden sind. Alles läßt also glauben, daß Elephanten mit dickem Haarkleide ehemals während des Sommers bis nach Sibirien vorzudringen vermochten. Dann reichte aber ein durchaus nicht ungewöhnlicher Zufall, z. B.

selbst ein bloßer Erdfall hin, um ihre Cadaver in die gefrornen, jede Fäulniß verhindernden Bodenschichten zu begraben; denn aus A. von Humboldt's Beobachtungen ergibt sich, daß in den jenseits des 62. Grades gelegenen Steppen die Erde in einer Tiefe von 4 bis 5 Meter stets gefroren bleibt.

Es ist also gezeigt, daß man das Vorkommen der fossilen Elephanten in Sibirien erklären kann, ohne die Annahme einer plötzlichen Aenderung des Klimas in dieser Gegend nöthig zu haben. Wenn man dessen ungeachtet bei der Ansicht, ein solcher Vorgang sei infolge des Stoßes eines Kometen eingetreten, verharren wollte, so würde ich daran erinnern, wie früher (Bd. 13, S. 266) nachgewiesen ist, daß wegen der großen flüssigen Anschwellung unter dem Aequator die Voraussetzung, Sibirien habe jemals in der Nähe der Aequinoctialgegenden gelegen, ohne gleichzeitig die Annahme zu machen, daß seine Gebirge sich im Grunde des Meeres unter einer mehr als 2½ Meilen dicken Flüssigkeitsschicht befunden hätten, eine durchaus unmögliche ist. Es gäbe dann folglich unter diesen Breiten weder Platz für Elephanten noch für Rhinoceroten. Vor dem Kometenstoße wäre das sibirische Meer wärmer als gegenwärtig gewesen; damit aber dürfte die Lösung des Problems, statt vereinfacht, nur schwieriger geworden sein.

Elie de Beaumont hat das Geheimniß gefunden, noch etwas Neues über die Angelegenheit der sibirischen Elephanten, die Jeder für erschöpft hielt, zu sagen. Dieser berühmte Geolog würde das Problem in folgender Weise lösen:

Die Entfernung des Thian-Schan von der Mündung der Lena beträgt 400 bis 500 Meilen. Bei einer Geschwindigkeit von 50 Meilen in 24 Stunden würde ein Wasserstrom diese Entfernung in ungefähr 8 Tagen zurücklegen. Nehmen wir nun an, daß der Thian-Schan sich im Winter in einem Lande erhoben habe, dessen Thäler Elephanten ernährten und dessen Gebirge mit Schnee bedeckt waren. Die aus dem Innern der Erde im Momente der Katastrophe hervorgebrochenen heißen Dämpfe werden zum Theil diesen Schnee geschmolzen und eine große Wassermasse von 0° Temperatur erzeugt haben. Das Wasser wird sich mit dem Reste der noch nicht geschmolzenen Eis-

und Schneemassen gegen das Meer hin gestürzt und die in den Thälern angetroffenen Thierkörper mit sich fortgerissen haben. In acht Tagen aber werden die in Wasser von 0° schwimmenden Cadaver nur sehr wenig von der Fäulniß ergriffen werden; einmal angelangt würde das jetzige sibirische Klima hinreichen, ihre Erhaltung zu erklären.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Können die Kometen merklich den Gang der Jahreszeiten abändern?

Ohne Zweifel hat die Ueberschrift dieses Kapitels schon an den schönen Kometen von 1811, an die hohe Temperatur dieses Jahres, an die infolge derselben reichliche Erndte und besonders an die ausgezeichneten Eigenschaften des sogenannten Kometenweines erinnert. Ich weiß also wohl, daß ich viele vorgefaßte Meinungen zu bekämpfen haben werde, wenn ich beweisen will, daß weder der Komet von 1811 noch irgend ein anderer bekannter jemals die kleinste Aenderung im Gange unserer Jahreszeiten hervorgerufen hat*). Diese Ansicht gründet sich übrigens auf eine genaue Prüfung, auf eine sorgfältige Discussion aller Elemente des Problems, während die entgegengesetzte Annahme, so verbreitet sie auch sein mag, nur aus unbestimmten Eindrücken ohne reellen Grund hervorgegangen ist. Ich werde zunächst mich zu einer Discussion der Thatsachen wenden, und darauf die theoretischen Betrachtungen folgen lassen. Die Kometen, sagt man,

*) Nachstehende aus einer geschätzten englischen Zeitschrift, the Gentleman's Magazine für 1818, entlehnte Stelle wird übrigens zeigen, von welchen abgeschmackten Vorurtheilen die Menschen bald befangen sein würden, wenn das Licht der Wissenschaften verlöschte. Es heißt daselbst: „Durch den Einfluß des Kometen von 1811 hatte man einen milden Winter, ein feuchtes Frühjahr, einen kalten Sommer. Die Sonne zeigte sich zu wenig, um die Erzeugnisse der Erde zur Reife bringen zu können. Indeß gab die Erndte ziemlich viel Korn; und einige Arten Früchte, wie Melonen und Feigen, waren nicht nur reichlich vorhanden, sondern auch wohlschmeckend. Man sah sehr wenige Wespen; die Fliegen wurden blind und verschwanden bald . . ., und, was sehr merkwürdig, in der Metropole und ihrer Umgegend wurden viel Zwillinge geboren. Die Frau eines Schuhmachers zu Whitechapel kam sogar mit Vierlingen nieder! u. s. w."

erwärmen die Erde durch ihre Gegenwart. Nun, Nichts ist leichter zu prüfen: wird nicht das Thermometer auf allen europäischen Observatorien mehrere Male täglich beobachtet? wird nicht ein genaues Verzeichniß aller erscheinenden Kometen gehalten? Sehen wir also nach, ob für Paris die mittleren Temperaturen der kometenreichen Jahre regelmäßig die mittleren Temperaturen der in geringerer Anzahl vorliegenden Jahre, in welchen keines dieser Gestirne sich der Erde genähert hat, übertreffen.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Kometen so eingetragen, daß jeder als zu dem Jahre gehörig betrachtet worden ist, in welches sein Durchgang durch das Perihel fällt.

Die Temperaturbeobachtungen in den Jahren 1735 bis 1740 sind zu Paris von Réaumur gemacht worden.

Die Beobachtungen von 1763 bis 1785 rühren von Messier her.

Die partiellen Resultate, aus denen die jährlichen Mittel hergeleitet sind, gehören zu Tagesstunden, gegen deren Wahl sich allerdings sehr gegründete Einwände erheben lassen; indeß für die vorliegende Frage würden dieselben ohne Bedeutung sein, und schließlich blieb mir keine Wahl übrig.

Die Beobachtungen von 1787 bis 1802 einschließlich sind den londoner Philosophical Transactions entnommen. In diesem Zeitraume zeigen die pariser meteorologischen Tagebücher so vielfache Lücken, daß sie nicht benutzt werden konnten. Von 1802 bis 1853 sind die Beobachtungen in Paris regelmäßig geworden und besitzen alle wünschenswerthe Genauigkeit.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1735	11°2	0	
1736	10,9	0	
1737	10,7	2	Der eine mit bloßen Augen sichtbare hatte einen Kern, der fast wie ein Stern zweiter Größe glänzte, und einen Schweif von 2 bis 3° Länge.
1738	10,6	0	
1739	10,0	1	Der Komet dieses Jahres gehört zu denen, welche der Erdbahn sehr nahe kommen können.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1740	7°3	0	
1741 bis 1762	—	14	In diesem Zeitraume gibt es keine zusammenhängenden meteorologischen Beobachtungen, aus denen die mittleren Jahrestemperaturen hergeleitet werden könnten. Unter den 14 beobachteten Kometen befindet sich der Halley'sche vom Jahre 1759 und drei andere mit bloßen Augen sichtbare: einer im Jahre 1744 und zwei im Jahre 1748.
1763	10,3	1	Kleiner mit bloßen Augen nicht sichtbarer Komet, der sehr nahe an der Erde vorüberging.
1764	12,2	1	Sehr glänzend am 3. Januar; der Kern ungewöhnlich hell; die Nebelhülle besaß 14′ Durchmesser.
1765	10,0	0	
1766	8,7	2	Der eine von den beiden Kometen war mit bloßen Augen sichtbar und sehr glänzend.
1767	8,7	0	
1768	10,1	0	
1769	11,2	1	Sehr glänzend; der Kern maß bis 4′ und der Schweif 97°.
1770	11,6	2	Der eine mit bloßen Augen sichtbare hatte am 10. Januar 1771 eine Nebelhülle von 18′ und einen Kern von 49″. — Der andere (der Lexell'sche) ist unter allen Kometen der Erde am nächsten gekommen. Messier fand am 2. Juli seine Nebelhülle von 2° 23′ Durchmesser. Der Kern war glänzend, aber schlecht begrenzt.
1771	9,0	1	Mit bloßen Augen sichtbar.
1772	11,2	1	Der periodische Komet von 6¾ Jahren Umlaufszeit.
1773	13,1	1	Man glaubte ihn mit bloßen Augen wahrzunehmen.
1774	13,1	1	Kaum sichtbar mit bloßen Augen.
1775	13,1	0	
1776	10,7	0	

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1777	11°1	0	
1778	11,6	0	
1779	12,4	1	Mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1780	11,6	2	Alle beide sehr klein und mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1781	14,2	2	Kleine Kometen; indeß war der eine derselben mit bloßen Augen sichtbar.
1782	10,6	0	
1783	13,0	1	Sehr klein, mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1784	10,4	1	Mit bloßen Augen sichtbar.
1785	10,5	2	Keiner von beiden ohne Fernrohr sichtbar.
1786	—	2	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1787	10,5	1	
1788	10,3	2	Der eine mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1789	9,7	0	
1790	10,5	3	Zwei sehr schwache; der dritte war, wenn auch ziemlich schwierig, mit bloßen Augen zu sehen.
1791	10,4	0	
1792	10,2	2	Der eine mit bloßen Augen nicht sichtbar.
1793	10,4	2	Der eine schwach, aber doch mit bloßen Augen sichtbar.
1794	10,7	0	
1795	9,8	1	Der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1796	10,0	1	
1797	9,6	1	
1798	10,5	2	
1799	8,8	2	Der eine derselben sehr groß.
1800	10,2	0	
1801	10,7	1	
1802	10,0	1	
1803	10,6	0	
1804	11,1	1	
1805	9,7	2	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit, der andere der von $6^3/_4$ Jahren.

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1806	12,01	1	
1807	10,8	1	Auffallend durch die Stärke des Lichtes, durch die Größe des Kernes und die Länge des Schweifes.
1808	10,4	4	Kleine Kometen; nur zwei sind berechnet worden.
1809	10,6	0	
1810	10,6	1	
1811	12,0	2	Der eine gehört zu den glänzendsten Kometen, die sich im 19. Jahrhundert gezeigt haben.
1812	9,9	1	Der Komet von 1811 war im Juli 1812 wieder gesehen worden.
1813	10,2	2	
1814	9,8	0	
1815	10,5	1	Der Komet von kurzer Umlaufszeit war nicht beobachtet worden; man müßte also 1815 zwei Kometen zählen.
1816	9,4	1	
1817	10,4	0	
1818	11,4	2	
1819	11,1	3	Der eine der drei Kometen war sehr glänzend mit großem Kerne und langem Schweife; ein anderer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1820	9,8	0	
1821	11,1	1	
1822	12,1	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1823	10,4	1	Glänzend.
1824	11,2	2	
1825	11,7	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1826	11,4	5	Einer war der kleine Komet von $6^3/_4$ Jahren.
1827	10,8	3	
1828	11,5	0	
1829	9,1	1	Komet von kurzer Umlaufszeit.
1830	10,1	2	Mit bloßen Außen sichtbar.
1831	11,7	0	

Jahr.	Mittlere Temperat.	Zahl d. beobachtet. Komet.	Bemerkungen über die Kometen.
1832	10°8	3	Der eine war der Komet von kurzer Umlaufszeit, ein zweiter der Komet von 6³/₄ Jahren.
1833	10,9	1	
1834	12,3	1	
1835	10,7	3	Einer war der Halley'sche, ein anderer der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1836	10,7	0	
1837	10,0	0	
1838	9,2	1	Komet von kurzer Umlaufszeit.
1839	10,9	0	Der Komet von 6³/₄ Jahren war nicht beobachtet worden, man müßte also für dieses Jahr 1 Kometen rechnen.
1840	10,3	4	
1841	11,2	0	
1842	11,0	2	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit.
1843	11,3	3	Einer war der Komet von 7¹/₂ Jahren; ein anderer, ein großer Komet mit einem Schweife von 43° Länge, gehört zu denen, welche der Erde am nächsten gekommen sind, und war bei hellem Tage sichtbar.
1844	10,2	3	
1845	9,7	4	Einer war der Komet von kurzer Umlaufszeit; ein anderer mit einem 2¹/₂° langen Schweife war mit bloßen Augen sichtbar.
1846	11,7	8	Einer war der Komet von 6³/₄ Jahren.
1847	10,8	6	Einer derselben war mit bloßen Augen sichtbar.
1848	11,4	2	Einer war der Komet mit kurzer Umlaufszeit.
1849	11,3	3	
1850	10,6	2	Einer von ihnen war mit bloßen Augen sichtbar.
1851	10,5	4	Einer war der Komet von 7¹/₂ Jahren.
1852	11,7	4	Einer war der Komet mit kurzer Umlaufszeit, ein zweiter der von 6³/₄ Jahren.
1853	10,11	2	Einer war mit bloßen Augen sichtbar.

Der Leser hat jetzt alle Data vor Augen. Betrachten wir zunächst einzelne Angaben, so finden wir:

Im Jahr 1737 ist ungeachtet seiner beiden Kometen die mittlere Temperatur niedriger als in den beiden vorhergehenden Jahren, in welchen sich kein Komet zeigte. Von 1763 bis 1785 entspricht das kälteste Jahr 1766 der Erscheinung zweier Kometen, wovon einer sehr hell war. Während der 16 Jahre (von 1787 bis 1802), für welche ich die in den Tabellen der londoner königlichen Gesellschaft veröffentlichten meteorologischen Beobachtungen benutzt habe, ist das wärmste Jahr 1794 durch keinen Kometen ausgezeichnet, während in dem viel kälteren Jahre 1799 zwei gesehen wurden. Beim Uebergange zu den in dem dritten Theile der Tabelle enthaltenen neueren Beobachtungen bemerkt man, daß das Jahr 1805 mit seinen zwei Kometen zu denen gehört, in welchen die mittlere Temperatur am wenigsten hoch gewesen ist; daß 1808, obwohl vier Kometen beobachtet worden, zu den kälteren Jahren gezählt werden muß; daß das kälteste Jahr des 19. Jahrhunderts 1829 durch die Erscheinung eines Kometen bezeichnet ist; daß das Jahr 1831, in welchem kein solcher Himmelskörper erschien, doch eine viel höhere mittlere Temperatur gezeigt hat als 1819, wo drei Kometen (darunter ein sehr glänzender) gesehen wurden; daß 1846, wo man acht Kometen beobachtete, dieselbe mittlere Temperatur gehabt hat, wie 1852, wo nur vier solche Himmelskörper wahrgenommen wurden u. s. w.

Lassen wir aber diese vereinzelten Bemerkungen, weil sie zu keinem sichern Schlusse führen können, bei Seite, und stellen die verschiedenen Resultate zusammen. Aus der obigen Tabelle folgt dann:

Mittlere Temperatur der 69 Jahre mit Kometen	10°81 C.
Mittlere Temperatur der 27 Jahre ohne Kometen	10,52

Der Unterschied zwischen diesen beiden Jahren ist merklich genug, um eine Untersuchung über die Ursache seiner Entstehung zu verdienen. Könnte man dieselbe nicht in dem Umstande finden, daß kalte Jahre meistens nebelig sind? Soviel ist wenigstens gewiß, daß bei einem gewöhnlich bedeckten Himmel die glänzendsten Kometen ohne bemerkt zu werden, vorbeigehen können. Vergleicht man die mittleren Temperaturen der Jahre, in welchen sich nur ein Komet gezeigt hat, mit

den Temperaturen der Jahre, wo zwei oder mehrere solche Himmelskörper erschienen sind, so kann man den Einfluß des bezeichneten meteorologischen Umstandes schwächen, wenn nicht eliminiren. Auf diesem Wege ergibt sich

Mittlere Temperatur der 30 Jahre mit einem Kometen	10°80 C.
Mittlere Temperatur der 39 Jahre mit mehreren Kometen	10,82

Der Unterschied wird sicherlich als unbedeutend zu betrachten sein; denn beide Zahlen sind fast genau dieselben.

Das letzte Resultat muß jedem vorurtheilsfreien Geiste entscheidend erscheinen. Doch weiß ich zu gut, wie sehr das Publikum geneigt ist, den Kometen einen gewissen erwärmenden Einfluß zuzuschreiben, als daß ich es nicht für nöthig halten sollte, in diesem Kapitel die verschiedenen Beobachtungsdata zusammenzustellen, welche dazu beitragen können, die Wahrheit in ihr volles Licht zu setzen. Die folgenden drei kleinen Tabellen sind direct auf dieses Ziel gerichtet; denn wenn man bei aufmerksamer Durchsicht derselben bemerkt, daß die kältesten Jahre häufig während der Erscheinung von Kometen, sowie andererseits die höchsten Temperaturen zu solchen Zeiten eingetreten sind, wo keins dieser Gestirne am Himmel stand, so wird man wenig geneigt sein, sich auf zufälliges Zusammentreffen, welches der Lauf der Zeiten unvermeidlich herbeiführen muß, zu stützen, um zwischen dem Gange der beiden in Rede stehenden Phänomene eine Beziehung aufzustellen, deren Wahrheit durch absolut Nichts bewiesen wird.

Tabelle der größten zu Paris beobachteten Kältegrade.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1665, 6. Februar	—21°2	Ein heller Komet, der in den ersten Tagen des Decembers 1664 erschienen, war im Februar 1665, als die außerordentliche Kälte in diesem Monate eintrat, noch vollständig sichtbar. Dieser Komet, dessen Durchgang durch's Perihel am 4. December 1664 statt fand, verschwand erst gegen Ende März 1665. In diesem letztern Monate erschien ein anderer glänzender Komet.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1709, 13. Januar	—23°1	Kein Komet.
1716,	—18,7	Kein Komet.
1729,	—12,2	Ein Komet war sichtbar vom Juli 1729 bis zu Ende Januar 1730; er ging am 12. Juni 1729 durchs Perihel.
1742, 10. Januar	—17,0	Man sah einen Kometen seit dem 5. Februar; derselbe ging am 8. Febr. durchs Perihel. Im April bemerkten Seefahrer in der südlichen Hemisphäre einen zweiten mit einem Schweife von 30° Länge. Die Bahn des letztern hat nicht berechnet werden können.
1747, 14. Januar	—13,6	Ein Komet wurde vom 13. August bis 5. December 1746 beobachtet; am 3. März 1747 ging er durchs Perihel.
1748,	—15,3	Im Monat April 1748 wurden drei Kometen gesehen; nur zwei sind berechnet worden; ihr Durchgang durchs Perihel fiel auf den 28. April und 18. Juni.
1754. 8. Januar	—14,1	Kein Komet.
1755,	—15,6	Kein Komet.
1767,	—15,3	Kein Komet.
1768,	—17,1	Kein Komet.
1771,	—13,5	Ein Komet, der am 19. April durchs Perihel ging.
1776, 29. Januar	—19,1	Kein Komet.
1783, 30. December	—19,1	Ein sehr kleiner Komet ging am 19. November 1783 durchs Perihel.
1788, 31. December	—22,3	Zwei Kometen; der eine ging am 10. November und der andere am 20. November durchs Perihel.
1795, 25. Januar	—23,5	Der Komet von kurzer Umlaufszeit; er ging aber erst gegen Ende des Jahres durchs Perihel.
1798, 26. December	—17,6	Zwei Kometen; der eine erreichte sein Perihel am 4. April, und der andere am 31. December.

Datum	Hundertheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1820, 11. Januar	—14°3	Kein Komet.
1823, 14. Januar	—14,6	Ein heller Komet, der am 9. December durchs Perihel ging.
1827, 18. Februar	—12,8	Drei Kometen, Durchgänge durchs Perihel: 4. Februar, 7. Juni, 11. September.
1829, 24. Januar	—17,0	Der Komet mit kurzer Umlaufszeit ging am 9. Januar durchs Perihel.
1830, 17. Januar	—17,3	Zwei Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 9. April, 27. December.
1838, 20. Januar	—19,0	Der Komet von kurzer Umlaufszeit ging am 19. December durchs Perihel.
1840, 17. December	—13,2	Vier Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 4. Jan., 12. März, 2. April. 13. November.
1845, 25. Februar	—11,8	Vier Kometen; einer wurde mit bloßen Augen gesehen; ein zweiter war der Komet mit kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 8. Januar, 21. April; 5. Juni, 9. August.
1846, 19. December	—14,7	Acht Kometen; Durchgänge durchs Perihel: 22. Januar, 11. und. 25. Februar, 5. März, 27. Mai, 1. u. 5. Juni und 29. October.
1853, 30. December	—14,0	Zwei Kometen, von denen einer mit freiem Auge sichtbar. Durchgänge durchs Perihel: 24. Februar, 1. September.

Tabelle über die Jahre, in welchen die Seine mehrere Tage nach einander völlig zugefroren war.

1740,	Kein Komet.
1742,	Ein Komet ging am 8. Februar durchs Perihel.
1744,	Einer der hellsten Kometen, den man gesehen hat; er ging am 1. März durchs Perihel.
1762,	Ein Komet; Durchgang durchs Perihel am 28. Mai.
1766,	Zwei Kometen; der erste ging am 17. Februar, der zweite am 26. April durchs Perihel.

1767,	Kein Komet.
1776,	Kein Komet.
1788,	Zwei Kometen; der erste ging am 10. November, der zweite am 20. November durchs Perihel.

Tabelle der höchsten zu Paris im Schatten und auf der Nordseite beobachteten Wärmegrade.

Datum	Hundertheilige Grade über 0	Bemerkungen über die Kometen.
1705, 6. August	+33°8	Kein Komet.
1706, 8. August	+35,3	Ein Komet, der am 30. Januar durchs Perihel ging.
1753, 7. Juli	+35,6	Kein Komet.
1754, 14. Juli	+35,0	Kein Komet.
1775,	+34,7	Kein Komet.
1793, 8. Juli	+38,4	Zwei Kometen; der eine ging am 4., der andere am 28. November durchs Perihel.
1800, 18. August	+35,5	Kein Komet.
1802, 8. August	+36,4	Ein Komet, der am 9. September durchs Perihel ging.
1803,	+36,7	Kein Komet.
1808, 15. Juli	+36,2	Vier Kometen, von denen einer am 12. Mai, der andere am 12. Juli durchs Perihel ging, die beiden übrigen aber nicht berechnet worden sind.
1818, 24. Juli	+34,5	Zwei Kometen, deren einer am 25. Februar und der andere am 4. December durchs Perihel ging.
1822, 10. Juni	+33,8	Vier Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 5. und 24. Mai, 16. Juli und 23. October.
1825, 19. Juli	+36,3	Vier Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 30. Mai, 18. August, 16. September, 10. December.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen
1826, 1. August	+36,2	Fünf Kometen, darunter der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 21. u. 29. April, 18. Mai, 8. October, 18. November.
1827, 2. August	+33,0	Drei Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 4. Februar, 7. Juni, 11. September.
1832, 14. Juli	+34,8	Drei Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit und der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 4. Mai, 25. September und 26. November.
1835, 23. Juli	+34,0	Drei Kometen, darunter der Halley'sche und der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 27. März, 26. August u. 16. Novbr.
1836, 1. Juli	+34,3	Kein Komet.
1838, 13. Juli	+34,3	Der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgang durchs Perihel am 19. December.
1839, 3. August	+33,1	Kein Komet.
1840, 6. August	+33,0	Vier Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 4. Januar, 12. März, 2. April und 13. November.
1842, 18. August	+37,2	Zwei Kometen, darunter der Komet von kurzer Umlaufszeit. Durchgänge durchs Perihel: 12. April u. 11. December.
1846, 5. Juli	+36,5	Acht Kometen, darunter der Komet von $6^3/_4$ Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 22. Januar, 11. und 25. Februar, 5. März, 27. Mai, 1. u. 5. Juni, 29. October.
1847, 17. Juli	+35,1	Sechs Kometen, darunter ein mit bloßen Augen sichtbarer. Durchgänge durchs Perihel: 30. März, 4. Juni, 9. August, (2 Kometen) 9. September, 14. November.

Datum	Hunderttheilige Grade unter 0	Bemerkungen über die Kometen.
1850, 5. August	+33°6	Zwei Kometen. Durchgänge durchs Perihel: 23. Juli, 19. October.
1852, 16. Juli	+35,1	Vier Kometen, darunter der Komet mit kurzer Umlaufszeit und der Komet von 6 3/4 Jahren. Durchgänge durchs Perihel: 14. März, 19. April, September, 12. October.

Nachdem Alles, was sich gegenwärtig aus der kleinen Zahl der von den Astronomen gesammelten Beobachtungen entnehmen läßt, dargelegt worden, wollen wir das Phänomen von einem andern Gesichtspunkte aus betrachten.

Ein Komet kann aus der Ferne nur auf dreierlei Weisen auf die Erde wirken: erstens mittelst Anziehung; zweitens durch die Licht- und Wärmestrahlen, die er nach allen Seiten ausstößt oder zurückwirft, oder drittens durch die gasförmige Materie, woraus seine Nebelhülle oder sein Schweif besteht, und die in gewissen Stellungen in die Erdatmosphäre würde eingreifen können.

Der noch in Aller Gedächtnisse gebliebene Komet von 1811 hatte einen glänzenden Schweif, dessen Länge nicht constant blieb. Seine größte Länge gaben astronomische Messungen gegen 20 Millionen Meilen an. Auch ohne zu untersuchen, ob dieser Schweif jemals nach der Erde hin gerichtet gewesen ist, kann ich behaupten, daß er sie nicht erreicht hat, denn am 15. October, an welchem Tage das Gestirn der Erde am nächsten stand, stieg der Abstand des Kometen von uns noch auf 25 Millionen Meilen.

In seinem größten Glanze verbreitete der Komet von 1811 auf der Erde sicherlich noch kein Licht, welches dem zehnten Theile des von dem Vollmonde uns gesandten gleichkam. Letzteres Licht hat aber nicht bloß in seiner natürlichen Intensität, sondern sogar im Brennpunkte großer Spiegel oder Linsen concentrirt, bei seiner Einwirkung auf die geschwärzte Kugel eines Luftthermometers niemals einen Effect hervorgebracht[9]; und doch würde mittelst des genannten Instrumentes $^1/_{100}$ eines gewöhnlichen Thermometergrades noch sehr gut wahrgenommen werden können. Man müßte also ganz auf den Gebrauch

seiner Vernunft verzichten, wenn man nach solchen Resultaten ferner die Idee festhalten wollte, daß ein Komet, selbst wenn er 20 mal heller wäre als der von 1811, durch sein Licht auf der Oberfläche der Erde Aenderungen der Temperatur in der Weise hervorzubringen vermöchte, daß sie auf den Reichthum und die Güte der Erndten von Einfluß wären, oder auch selbst nur eine jener mikroskopisch kleinen Veränderungen zu erzeugen im Stande wäre, welche die feinsten meteorologischen Instrumente anzuzeigen bestimmt sind.

Schließlich würde also Nichts übrig bleiben, als den wirksamen Grund des angeblichen meteorologischen Einflusses der Kometen in ihrer anziehenden Kraft zu suchen. Der Mond soll uns als Vergleichungspunkt dienen.

Dieser letztere Himmelskörper erzeugt die Fluten des Oceans. (S. 87). In aller Strenge genommen hat der Komet von 1811 auch analoge Fluten hervorbringen müssen; da sie aber Niemand bemerkt hat, so müssen wir annehmen, daß sie wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung entgangen sind.

Die Höhe der Flut ändert sich proportional mit der Stärke der anziehenden Kraft. Wir haben soeben die Mondflut sehr stark, die Kometenflut dagegen unmerklich gefunden; es könnte also die Wirkung des Kometen auf die Erde nur ein kleiner Theil von der Wirkung des Mondes sein. Dies wichtige Resultat geht mit noch größerer Evidenz aus der Untersuchung der Abweichungen oder Störungen hervor, welche die Planeten auf ihrem elliptischen Laufe um die Sonne erleiden. Der Kürze wegen will ich mich indeß hier an den ersten Beweis halten.

Die Anziehung des Mondes erzeugt in unserer Atmosphäre nur sehr zweifelhafte Wirkungen (Bd. 13. S. 422), und diejenigen Meteorologen, welche bei der Behandlung dieser Frage sich am Bestimmtesten für das Vorhandensein derselben ausgesprochen haben, schließen selbst die Schwankungen des Barometers, die von einem Einflusse des Mondes herrühren können, in sehr enge Grenzen ein. Geben wir aber auch einmal für den Augenblick diese Aenderungen als wirklich vorhandene zu; so werden wir sie doch offenbar verkleinern müssen, wenn wir

daraus in Zahlen die Einflüsse derselben Art berechnen wollen, welche der Komet von 1811 zu erzeugen fähig gewesen wäre. Auf die Nothwendigkeit einer solchen Reduction weisen die Fluten des Oceans ohne Widerspruch hin. Dann wird aber nichts Wahrnehmbares übrig bleiben.

Um es also nochmals kurz zusammenzufassen, die directen Wirkungen des Schweifes und der Nebelhülle des großen Kometen von 1811 auf die Erdatmosphäre sind wegen der ungeheuern Entfernung, in welcher dies Gestirn stets von der Erde geblieben ist, unmerklich gewesen. Was die erwärmenden und anziehenden Wirkungen betrifft, so würden die feinsten Instrumente selbst deren Existenz nicht haben nachweisen können. Ich überlasse es jetzt dem Leser zu beurtheilen, ob die Winzer jemals auf die Erscheinung eines Kometen einige Hoffnungen gründen können!

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Numerische Angaben in Bezug auf die Klimate.

Ich habe geglaubt, dieses Buch nicht schließen zu dürfen ohne eine kurze Zusammenstellung der interessantesten Zahlenresultate in Bezug auf die Vertheilung der Temperatur nach den verschiedenen Gegenden der Erde zu geben.

Zunächst mögen hier Angaben über die an der Oberfläche der Erde, theils im Boden selbst, theils in der Luft und im Schatten beobachteten Temperaturextreme folgen.

Höchste Temperaturen des der Wirkung der Sonne ausgesetzten Bodens.

Zwischen den Wendekreisen, sehr gewöhnlich	52°5	(v. Humboldt).
In der Nähe des Orinoco (weißer Granitsand mit schöner Vegetation bedeckt)	60,3	(Derselbe).
Sand in Egypten, in der Nähe von Philä	67,5	(Rouet).
Sand im Garten der pariser Sternwarte	53,0	(Arago).

Höchste in freier Luft und im Schatten beobachtete Temperaturen.

	Breiten.	Temperaturen.	
Murzuk (Fezzan)	26°49′ nördl.	56°2	(Lyon, Ritchie).
Ambukol (Dongolah)	18 „	46,9	(Ruppel).
Nubien	15 „	46,2	(Russegger).
Pondichery	11 56 „	44,7	(Le Gentil).
Sakatu	13 „	43,3	(Clapperton).
Paramatta	33 49 südl.	41,1	(Gener. Brisbane).
Kap d. gut. Hoffnung	33 35 „	43,7	(Lacaille).
Antongil (Madagascar)	15 27 „	45,5	(Le Gentil).

Die höchste Temperatur, welche seit 1665 zu Paris in freier Luft und im Schatten beobachtet wurde, war +38°4 am 8. Juli 1793.

Niedrigste in freier Luft beobachtete Temperaturen.

Jakutsk (Sibirien, 62° n. Br., 129$^3/_4$ östl. L.) am 25. Januar 1829	— 58°	(Katakazia, Thermometer durch Erman berichtigt).
Fort Entreprise (64$^1/_2$° n. Br., 115$^1/_2$° westl. L.)	— 50°	(Franklin).

Die tiefste seit 1665 zu Paris beobachtete Temperatur ist —23°5 am 25. Januar 1795 gewesen.

Nach den Berechnungen von Berghaus gibt es in der nördlichen Hemisphäre zwei Punkte, welche kälter sind als ihre Umgebungen: der eine, der amerikanische Kältepol würde in 77°30′ n. Br. und 38° w. L. liegen, und seine mittlere Temperatur — 19°7 sein; der andere, der asiatische Kältepol, würde unter 7°30′ n. Br. und 128°30′ ö. L. liegen, und —17°2 als mittlere Temperatur besitzen (s. Figur 349 bis 352 S. 488—491). [10])

Ich will jetzt zu einigen Vergleichungen übergehen zwischen den mittleren Temperaturen der Jahreszeiten gewisser Orte, die so gewählt sind, um darzulegen:

1) die Unterschiede zwischen Orten, welche unter derselben Breite auf derselben Halbkugel mitten im Lande und mitten im Meere liegen;

2) die Unterschiede zwischen Orten, welche auf beiden Halbkugeln in gleicher Entfernung vom Aequator liegen;

3) die Unterschiede, die man in der nördlichen Halbkugel zwischen Orten findet, welche dieselbe Breite haben, aber theils in der alten Welt, theils im nördlichen Amerika liegen;

4) die Unterschiede der Temperatur, welche die Ost- und Westküsten beider Welten zeigen.

Orte in derselben Breite mitten im Ocean und mitten im Festlande in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel.

	Madeira. Insel.	Natchez (Amerika.)	Nangasaki (Japan.)
Nördliche Breite	32°38′	31°34′	32°45′
Mittlere Temperatur des Winters	16°3	9°6	7°1
Mittlere Temperatur des Frühlings	17,5	19,0	15,2
Mittlere Temperatur des Sommers	21,1	25,6	26,7
Mittlere Temperatur des Herbstes	19,8	18,8	18,8
Mittlere Temperatur des Jahres	18,7	18,2	17,0

Orte auf beiden Seiten vom Aequator.

Nördliche Halbkugel.			Südliche Halbkugel.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
Hamburg	53°33′	8°6	Hungerhafen	53°37′	5°0
London	51 31	9,1	Falklandsinseln	51 32	8,3
Perpignan	42 42	15,5	Hobart-Town	42 53	11,3
Smithville	34 0	19,3	Buenos-Ayres	34 37	16,9
Bermudas-Inseln	32 28	20,0	Graaf-Raynet	32 11	16,8
Havana	23 9	25,0	Rio de Janeiro	22 55	23,1
Nagpoor	21 9	27,5	Insel Bourbon	20 52	23,1
Maracaybo	11 19	29,0	Insel Melville	11 25	27,0

Orte auf der nördlichen Halbkugel, in der alten Welt und in Nordamerika.

Alte Welt.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
Paris	48°50′	10°7	Quebec	46°49′	5°7
Neapel	40 51	16,7	Fort Columbus	40 42	11,0
Kairo	30 2	22,4	New-Orleans	29 58	21,1

Orte an der Westküste Europas und Amerikas.

Europa.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.
La Rochelle	46°9′	11°6	Fort Georg	46°18′	10°3
Bordeaux	44 50	13,1	Fort Vancouver	45 38	11,5
Lissabon	38 42	16,4	S. Francisco	37 48	13,6

Orte auf den Ostküsten Asiens und Amerikas.

Asien.			Amerika.		
Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen.	Orte.	Breiten.	Mittlere Jahrestemperaturen
Peking	39°54′	12°6	Philadelphia	39°57′	10°7
Bangkok	13 40	27,3	Barbados	13 4	24,7

Die Trockenheit eines Landes muß einen großen Einfluß auf die Höhe und die Vertheilung der Temperaturen im Sommer und Winter ausüben.

Diese Trockenheit ist in den Wüsten, und besonders in den sibirischen Ebenen jenseits des Altai zwischen dem Irtysch und Ob, wenn die Südwestwinde lange Zeit geweht haben, außerordentlich groß.

Am 5. August 1829, 1 Uhr Mittags, fand A. v. Humboldt in in der Steppe Platowskaya die Temperatur des Thaupunktes — 4°3, während das Thermometer im Schatten damals + 23°7 zeigte. Die

Temperatur der Pflanzen hätte folglich um 28° sinken müssen, wenn sich Thau auf ihnen hätte absetzen sollen.

Unter den eben angeführten psychrometrischen Verhältnissen würde das Haarhygrometer von Saussure nur 29° gezeigt haben.

Als am 28. September 1829 um 3 Uhr Nachmittags zu Uralsk, dem Hauptorte der Kosaken des Laïk, die Lufttemperatur + 22° betrug, lag der Thaupunkt bei + 1°4. Der Thau würde sich also auf den Pflanzen erst nach einer durch Ausstrahlung bewirkten Temperaturerniedrigung von 20°6 haben absetzen können.

Zufolge dieser außerordentlichen Trockenheit nimmt mit dem Vorrücken von West nach Ost die Anzahl der Regentage schnell ab: in Moskau zählt man 205, in Kasan 90, in Irkutzk nur 57.

Wenn jetzt der Leser nach einer genauen Erwägung der Ziffern, welche ich im Vorhergehenden mitgetheilt habe und die, weil sie aus sehr zahlreichen Beobachtungen hergeleitet wurden, eine gewisse Regelmäßigkeit zeigen, zu den früheren Tabellen zurückgehen will, welche die in Paris beobachteten niedrigsten und höchsten Temperaturen angeben, so wird er ohne Mühe erkennen, daß man an einem und demselben Orte im Laufe der Jahre die in fast allen Klimaten nachgewiesenen Schwankungen (effets) erfahren kann. Daher ist es, trotz dem daß die Temperaturerscheinungen im Allgemeinen gut festgestellt sind, doch unmöglich im Voraus anzuzeigen, welches der einer bestimmten Zeit und einem gegebenen Ort entsprechende besondere Zustand sein wird.

Dreiunddreißigstes Buch.

Vom Kalender.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Den Kalender hat man bisher noch nicht zum Gegenstande einer faßlichen und ausführlichen Darstellung gemacht. In den Schriften meiner Vorgänger sind eine Menge von interessanten Fragen gänzlich unberührt gelassen, und während man andererseits gewisse Punkte unstreitig mit großer Ueberlegenheit behandelt findet, vermißt man doch, wenn mir eine derartige Bemerkung verstattet ist, eine für Personen ohne mathematische Vorkenntnisse verständliche Darstellungsweise. Um diese Lücke auszufüllen, will ich hier eine kurze Zusammenstellung der verschiedenen Methoden zu geben versuchen, welche in alter und neuer Zeit angewendet worden sind, um sich in der Zeit zurechtzufinden. Der Leser, nunmehr mit den astronomischen Theorieen vertraut, wird mir leicht folgen, wenn ich davon die Anwendung auf verschiedene Aufgaben zu machen unternehme, deren Lösung die Praxis unseres gesellschaftlichen Lebens vom Astronomen verlangt.

Obgleich ich jede mir mögliche Sorgfalt angewendet habe, um mich vor Ungenauigkeiten zu hüten, die bei der Behandlung einer Frage zu befürchten stehen, welche zu gleicher Zeit physikalische, historische und philologische Kenntnisse voraussetzt; obgleich ich überall aus den besten Quellen, wie Clavius, Gassendi, Blondel, Delambre, Daunou u. A. zu schöpfen bestrebt gewesen bin, so weiß ich doch

nicht, ob ich mir schmeicheln darf, daß nicht größere oder geringere Irrthümer sich in meine Arbeit eingeschlichen haben. Mein einziges Ziel war der Versuch, ein wenig Klarheit über einen Gegenstand zu verbreiten, den selbst die Astronomen vom Fache seiner Complication halber nur mit Widerwillen behandeln.

Die alte Astronomie, sagt ein gelehrter Geschichtsforscher, obwohl von unsern Schulen längst verdrängt, herrscht fortwährend in unseren Kalendern und in unseren Sprachen. Die Wahrheit dieser Bemerkung mag aus den Untersuchungen der folgenden Blätter zur Genüge erhellen. Ein Wort noch, bevor wir an unsere Aufgabe gehen.

In Molière's Lustspiel verlangt der Bürger als Edelmann, sein Lehrer in der Philosophie solle ihm den Almanach beibringen. Dieser Wunsch ist nichts weniger als unvernünftig: gar Mancher, der darüber lacht, würde sehr in Verlegenheit gerathen, sollte er nur die allerelementarsten Fragen aus diesem Kapitel beantworten. Freilich, müssen wir einräumen, betrog sich Meister Jourdain, wenn er die geforderte Unterweisung für leicht und einfach hielt: die Erklärung des Almanachs hängt vielmehr mit den feinsten und schwierigsten Punkten der Naturwissenschaften und Alterthumskunde zusammen. Indeß mag der Leser darüber selbst das Urtheil fällen.

Zweites Kapitel.

Definitionen.

Der Name Almanach kommt vom Worte man, welches bei den Orientalen den Mond bezeichnet.

Unter Kalender versteht man eine Sammlung von Vorschriften oder Tafeln, in welchen die Unterabtheilungen der Zeit in ihren natürlichen oder conventionellen Lage- und Größeverhältnissen vor Augen geführt werden.

Das Wort Kalender kommt von calendae, mit welcher Benennung die Römer den ersten Tag jedes Monats auszeichneten.

Die Ableitung des Ausdrucks calendae hat man in dem griechischen Zeitworte καλέω (rufen) finden wollen, weil in Rom jedesmal am

ersten Tage eines Monats das Volk zu einer allgemeinen Versammlung berufen wurde. Da die Griechen in ihrer Jahreseintheilung keine Kalenden hatten, so entstand die Redensart: „auf die griechischen Kalenden verschieben," um auszudrücken, daß man Jemanden durch eine illusorische Versprechung hinzuhalten suchte. Letztere Bedeutung ist wenigstens sicherer, als die vom Verbum καλέω hergeleitete Etymologie.

Die astronomischen Phänomene der Umdrehung unseres Planeten um seine Axe und seiner Umlaufsbewegung um die Sonne sind für alle Völker die Veranlassung zur Eintheilung der Zeit in Tage und in Jahre geworden. In den früheren Büchern sind alle wissenswerthen Angaben über die Unterabtheilungen der Stunden, Minuten und Secunden, über Stern- und Sonnentage, über das siderische und tropische Jahr, über die mittlere Zeit, und über die Uhren als Zeitmesser enthalten.*) Wir werden jetzt zu reden haben von der Woche, dem Monate, den Jahren und Aeren bei den verschiedenen Völkern. Diese Zeiteintheilungen haben den Zweck, die Epoche eines Ereignisses auf genaue und bequeme Weise zu fixiren. Der Monatstage und Jahreszahlen bedient man sich zur Feststellung von Thatsachen aus dem bürgerlichen Leben und der Geschichte der Völker, und zwar hat man sich dabei, um eine Uebereinstimmung mit der Rückkehr der nämlichen Jahreszeiten zu erzielen, im Allgemeinen nach der scheinbaren Bewegung der Sonne gerichtet. Die Woche zeigt die regelmäßige Folge von Arbeits- und Ruhetagen an. Die Erwähnung religiöser Ereignisse endlich, oder kirchlicher Feste bezieht sich in der Regel auf die Ordnungszahlen der Mondwechsel und auf die Menge der Tage, welche seit dem letzten Neumonde verflossen sind.

Drittes Kapitel.

Die Woche.

Goguet, im unveränderten Anschluß an die Ansichten des Philo, des Josephus, des heil. Clemens von Alexandrien, behauptete, daß alle

*) Siehe den ersten Band der Astronomie, Buch 7. S. 213—236.

Völker des Alterthums sich der siebentägigen Periode bedient hätten. [1]) Andere, wie z. B. Costard sind der Meinung, daß in diesen entlegenen Zeiten die Juden allein die Woche gebrauchten. (Ueber die weitere Begründung dieser Ansicht kann man eine der Biot'schen Abhandlung über die astronomische Zeitrechnung, von Herrn Alfred Maury hinzugefügte Note nachlesen *)). Noch Andere endlich, unter denen Daunou zu nennen, sind keiner dieser beiden extremen Ansichten zugethan, und behaupten vielmehr, daß während bei den alten Chinesen, bei den Juden, Aegyptern, Chaldäern und Arabern die Woche als Zeitmaaß gegolten habe, dieselbe in Persien, in Griechenland, in Rom, Karthago u. s. w. unbekannt gewesen sei. Die letztere Meinung ist diejenige, welche heute die meisten Anhänger zählt, allein es dürfte uns nicht verstattet sein, ohne die Grenze unserer Darstellung zu überschreiten, auf eine sorgfältige Untersuchung der Stellen, welche den Beweis für jene Behauptung zu enthalten scheinen, näher einzugehen.

Man nimmt an, daß um das dritte Jahrhundert unserer Zeitrechnung der Gebrauch der Woche nach Griechenland und den Occident kam.

Man müßte mehr als Skeptiker sein und nicht bemerkt haben, wie sehr die Worte einer gesprochenen Sprache sich zuweilen im Verlaufe der Zeit zu verändern pflegen, um in den Benennungen unserer Wochentage nicht die mehr oder minder verstümmelten Namen der Planeten erblicken zu wollen. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Namen wird jeder Zweifel daran schwinden.

Beginnen wir mit der Benennung der Wochentage in den südfranzösischen Mundarten, so finden wir die Ausdrücke: di-luns, dimars, di-mercres, di-jous, di-vendres, di-sate, di-menge.

Der Ursprung der sechs ersten Namen kann nicht streitig sein; das Wort dimanche kommt von dies dominica, woraus, nach den Sprachforschern, unsere Vorfahren dominque, dann dominche, dimenche und endlich dimanche gemacht haben.

Im englischen Kalender hat der Sonntag den Namen der Sonne (sunday) behalten; der zweite Tag heißt nach dem Monde (monday);

---

*) Siehe den 22. Band der Mémoires de l'Académie des Sciences.

in der Bezeichnung der vier folgenden Tage sind die Namen der nordischen Gottheiten an die Stelle der griechischen Götter getreten; beim siebenten Tage endlich, dem Sonnabend (saturday), dem Tage des Saturn, erscheint die Mythologie der südlichen Völker wieder. Es läßt sich also nicht bestreiten, daß die Wochentage die Namen der sieben Gestirne tragen, welche die Alten die sieben Planeten nannten.

Nach Dio Cassius (röm. Consul im Jahre 229) haben diese Benennungen ihren Ursprung von einer bei den Aegyptern hergebrachten Sitte, nach welcher die vierundzwanzig Stunden des Tages in einer gewissen Ordnung den verschiedenen Planeten geweiht waren, dergestalt, daß jeder Tag den Namen desjenigen Planeten trug, der in der ersten Stunde das Regiment führte. [2])

Die Ordnung, in welcher die Wochentage aufeinander folgen, verräth den unverkennbaren Einfluß eines alten astronomischen Systems, demzufolge die Planeten um so weiter von der Erde entfernt waren, je mehr sie Zeit brauchten, um ihre scheinbare Bahn am Himmel zurückzulegen. In diesem Systeme war folglich der Mond der nächste Planet, hierauf kam Mercur, dann Venus, hierauf die Sonne, welche man für einen Planeten ansah, und zum Schlusse in ihrer wahren Reihenfolge Mars, Jupiter und Saturn.

So entstand die folgende Reihe, wenn jeder Planet mit dem ihm zugehörenden Zeichen versehen wird:

Saturn,	Jupiter,	Mars,	Sonne,	Venus,	Mercur,	Mond.
♄	♃	♂	☉	♀	☿	☾

Aus dieser Reihe geht nach Anleitung der von Dio Cassius gegebenen Regel die gegenwärtige Reihenfolge der Wochentage hervor:

Sonnabend,	Sonntag,	Montag,	Dienstag,	Mittwoch,	Donnerstag,	Freitag,
♄	☉	☾	♂	☿	♃	♀

wofür es außerdem unmöglich sein würde, eine Erklärung zu finden, weder mit Beziehung auf die Umlaufszeiten, den relativen Glanz oder die sonstige physische Erscheinung der einzelnen Gestirne, noch im Hinblick auf die in der alten Mythologie den verschiedenen Gottheiten beigelegte Wichtigkeit.

Aus welchem Grunde sollte in der That der Tag der Sonne auf

den des Saturn, der Mondtag auf den Sonnentag, der Marstag auf den Mondtag u. s. w. folgen? Gehen wir dagegen von der oben angeführten Rangordnung der Planeten aus, und theilen einem jeden, von der Linken zur Rechten gezählt, eine Stunde des Tages zu, so zwar, daß wenn die Reihe der sieben erschöpft ist, sich wieder der Saturn an den Mond anschließt, — um mit einem Worte Alles zu sagen: zählen wir, als wenn die Zeichen auf den Umfang eines Kreises geschrieben wären. Da also die erste Stunde des Sonnabends — saturday bei den Engländern — dem Saturn ♄ geweiht war, so mußte die siebente dem Monde ☾ zufallen, ebenso die vierzehnte und die einundzwanzigste. Die zweiundzwanzigste Stunde des nämlichen Sonnabends gehörte wieder dem Saturn ♄, die dreiundzwanzigste dem Jupiter ♃, die vierundzwanzigste dem Mars ♂, die fünfundzwanzigste endlich, oder die erste Stunde des folgenden Tages mußte der Sonne ☉ geweiht sein, deren Name somit dem neuen Tage selbst (sunday) zugetheilt wurde.

Wenn wir jetzt vom Sonntage ausgehen, so ergibt sich auf dieselbe Weise wie vorhin, daß die siebente, vierzehnte und einundzwanzigste Stunde dieses Tages vom Mars ♂ regiert werden, die zweiundzwanzigste von der Sonne ☉, die dreiundzwanzigste von der Venus ♀, die vierundzwanzigste vom Merkur ☿, und die fünfundzwanzigste, oder die erste Stunde des folgenden Tages, vom Monde ☾. Auf den Sonntag oder sunday mußte demnach der Montag oder monday der Engländer, der di-luns der Südfranzosen, folgen. Unterwirft man jetzt die Stunden des Montags derselben Betrachtung, so findet man die einundzwanzigste Stunde desselben dem Merkur ☿, die zweiundzwanzigste dem Monde ☾, die dreiundzwanzigste dem Saturn ♄, die vierundzwanzigste dem Jupiter ♃ unterthan; die fünfundzwanzigste, oder die erste Stunde des folgenden Tages gehört dem Mars ♂: so sehen wir den Dienstag, dimars entstehen. Setzt man die nämliche Operation bei allen übrigen Planeten fort, so gelangt man schließlich zur gegenwärtigen Reihenfolge der Wochentage:

Sonnabend,	Sonntag,	Montag,	Dienstag,	Mittwoch,	Donnerstag,	Freitag,
♄	☉	☾	♂	☿	♃	♀

und wie oben ausgesprochen, läßt sich hierin die offenbare Spur des ältesten astronomischen Systems nicht verkennen.

Viertes Kapitel.

Die Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen.

Ein in sieben gleiche Theile getheilter Kreis, den sieben Planeten des Alterthums in der Reihenfolge der Größe ihrer Umlaufszeiten oder ihrer vorausgesetzten Entfernungen von der Erde entsprechend,

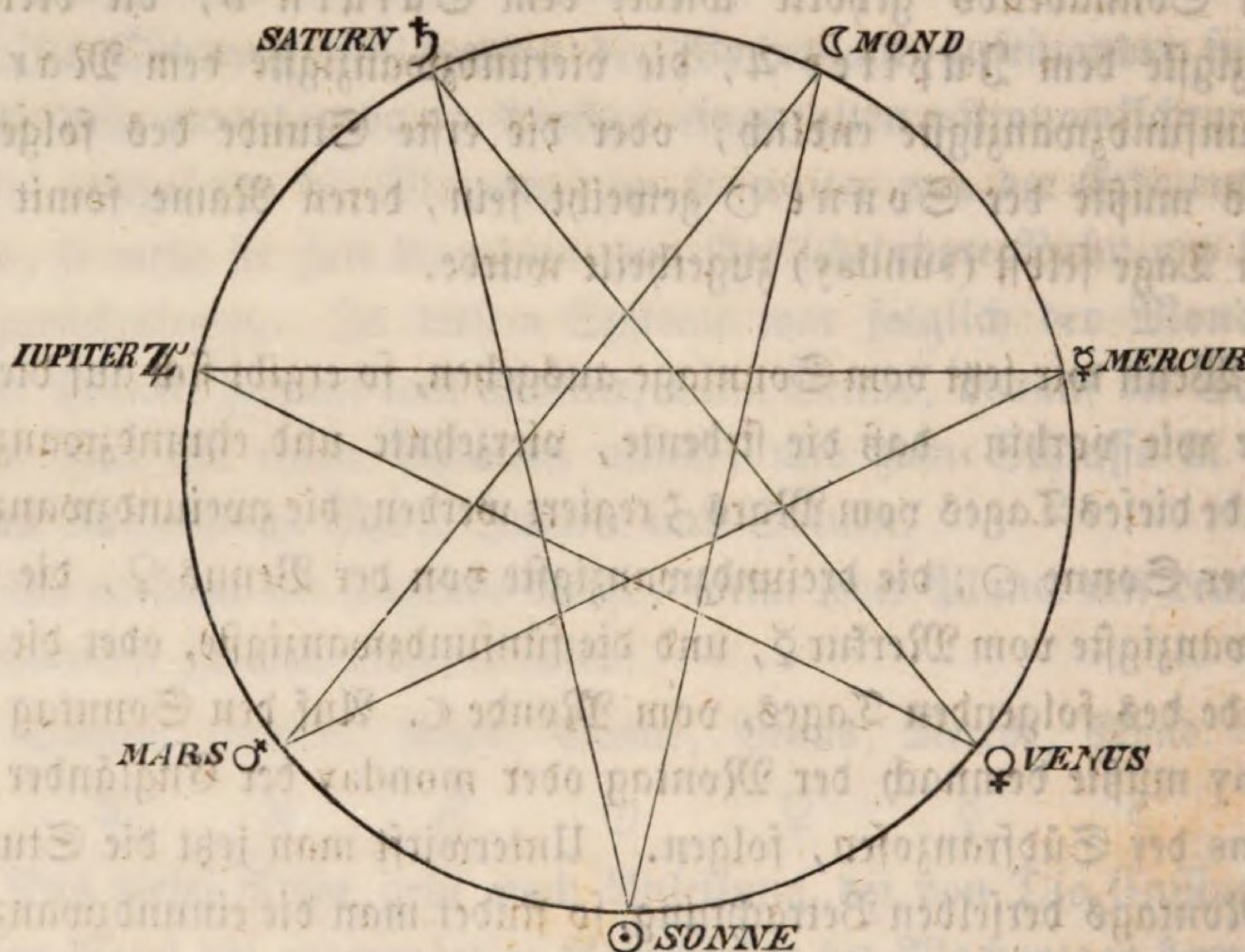


Fig. 353. — Erklärung der Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen.

stellt die geheimnißvolle Figur dar, nach welcher die Astrologen die Ordnung der den Wochentagen beigelegten Namen erklärten.

Von jeder einem bestimmten Planeten entsprechenden Theilung des Kreisumfangs zogen die Astrologen zwei Linien nach den Endpunkten des gegenüberliegenden Bogens, wodurch eine Figur von sieben sich kreuzenden Linien entstand, welche sieben untereinander gleiche, von geraden und krummen Linien begrenzte Dreiecke bildeten. Geht man

nun, von der Spitze eines beliebigen Dreiecks beginnend und die gerade, einem zweiten Dreiecke gleichzeitig angehörende Seite verfolgend, zur Spitze dieses zweiten Dreiecks fort, dann weiter auf dieselbe Art zu einer dritten Spitze u. s. w., so ergibt sich dabei entweder die Reihenfolge der Wochentage oder ihre umgekehrte Ordnung. Der Mond ☾ z. B. führt zu Mars ♂, Mars ♂ zu Mercur ☿, Mercur ☿ zu Jupiter ♃, Jupiter ♃ zu Venus ♀, Venus ♀ zu Saturn ♄, Saturn ♄ zur Sonne ☉, von der Sonne ☉ endlich gelangt man zum Monde ☾ zurück.

Daraus entsteht folglich die Reihe:

Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag, Sonnabend,
☾ ♂ ☿ ♃ ♀ ♄
Sonntag, Montag,
☉ ☾

d. i. die Rangordnung der Wochentage.

Wäre man vom Monde ☾ zur Sonne ☉ fortgegangen, so wäre man weiter von der Sonne ☉ zum Saturn ♄ gelangt, vom Saturn ♄ zur Venus ♀ u. s. w., entsprechend der Reihenfolge

Montag, Sonntag, Sonnabend, Freitag, Donnerstag, Mittwoch, Dienstag,
☾ ☉ ♄ ♀ ♃ ☿ ♂

oder den Wochentagen in umgekehrter Ordnung.

Mit Bezug auf diese cabbalistischen Durchkreuzungen hatte man über die Einflüsse der verschiedenen Planeten eigene Systeme aufgestellt, welche die Astrologen als ihr Zunftgeheimniß ansahen.

Wir haben also die Wahl zwischen zwei Methoden, um die Rangordnung oder Reihenfolge der einzelnen Wochentage zu erklären: die eine auf ein altes astronomisches System gegründet, die andere aus einer astrologischen Combination entspringend. Die Zahl Sieben, welche sich nur ergab, wenn man die Sonne unter die Planeten rechnete, besaß im Alterthume geheimnißvolle Tugenden und bildete den Gegenstand eines wahrhaften Cultus: gewiß hätte man in Aegypten, in Griechenland, in Rom nicht ungestraft die Existenz von mehr als sieben Planeten zu behaupten wagen dürfen; ein solches Attentat auf die Prärogative der Zahl Sieben hätte aller

Verwünschungen der Religion werth geschienen, selbst der Tod wäre keine zu strenge Strafe dafür gewesen.

Fünftes Kapitel.

Welches ist der erste Tag der Woche?

Nicht selten wird in der Gesellschaft die Frage aufgeworfen, welches der erste Wochentag sei? Einige kurze Betrachtungen hierüber sind vielleicht nicht überflüssig. Nach der Genesis ward die Welt in sechs Tagen erschaffen, am siebenten ruhete Gott. Wenn man also die sieben Wochentage mit den sieben Schöpfungstagen vergleichen und die Bemerkung hinzufügen will, daß bei allen christlichen Völkern der Sonntag ein geweiheter Tag, ein Ruhetag ist, so kann man sich für berechtigt halten, den Sonntag als den siebenten Tag, und folglich den Montag als den ersten Tag der Woche anzusehen. Allein liegt in dieser Schlußfolgerung ein Beweis? Der Feiertag der Juden war jederzeit der Sonnabend, und so ließe sich vielleicht mit noch mehr Grund behaupten, daß dieser Tag dem in den heiligen Büchern des alten Testamentes erwähnten Ruhetage entsprechen müsse. Aus der Sitte der Bekenner des mosaischen Gesetzes würde also der Sonnabend als der letzte und der Sonntag als der erste Tag der Woche hervorgehen.

Indeß, jede Hypothese bei Seite gesetzt, scheint es klar, daß die Tage, welche man als den ersten und als den letzten Wochentag angesehen haben will, nur durch eine ausdrückliche Uebereinkunft festgesetzt werden können; befragen wir also das Wörterbuch der Akademie — denn die Astronomie hat mit dieser Frage Nichts zu thun — so finden wir den Sonntag als den ersten Tag der Woche bezeichnet. In Frankreich ist die Frage mit dieser Entscheidung erledigt. In Deutschland hat der Gebrauch dieselbe Lösung gegeben, denn der Name Mittwoch bedeutet nichts Anderes als die Mitte der Woche.

Folgende Zusammenstellung enthält die Namen der Wochentage bei den hauptsächlichsten Völkern und in den hauptsächlichsten Sprachen:

Deutsch.	Französisch.	Italienisch.
Sonntag	Dimanche	Domenica
Montag	Lundi	Lunedi
Dinstag	Mardi	Martedi
Mittwoch	Mercredi	Mercoledi
Donnerstag	Jeudi	Giovedi
Freitag	Vendredi	Venerdi
Sonnabend (Samstag)	Samedi	Sabbato

Spanisch.	Portugiesisch.	Englisch.
Domingo	Domingo	Sunday
Lúnes	Secunda feira	Monday
Mártes	Terça feira	Tuesday
Miércoles	Quarta feira	Wednesday
Juéves	Quinta feira	Thursday
Viérnes	Sexta feira	Friday
Sábado	Sabbado	Saturday

Holländisch.	Arabisch *).	Indisch **).
Zondag	Jaum el-ahad	Âditya-vâra
Maandag	Jaum el-ithnain oder el-thâni	Soma-vâra
Dingsdag	Jaum el-thalâthâ	Mangala-vâra
Woensdag	Jaum el-arbaâ	Budha-vâra
Donderdag	Jaum el-chamîs	Brihaspati-vâra
Vrijdag	Jaum el-dschuma	Sukra-vâra
Zaturdag	Jaum el-sebt oder el-effabt	Sani-vâra

Sechstes Kapitel.

Die Monate.

Um das Gedächtniß nicht mit den großen Zahlen zu belästigen, welche nicht zu umgehen wären, wenn alle Zeitintervalle in Tagen

---

*) In der Uebersetzung: der erste, zweite, dritte, vierte, fünfte Tag, der Tag der Versammlung, der Tag des Sabbath.

**) Uebersetzt: Tag der Sonne, des Mondes, des Mars, des Mercur, des Jupiter, der Venus, des Saturn.

ausgedrückt werden sollten, hat man in aufsteigender Ordnung die Summen oder Gruppen von Tagen eingeführt, welche durch die Benennungen Woche, Monat, Jahr unterschieden werden.

Wahrscheinlich ist, daß der Mond, mit andern Worten die Dauer der Phasenreihe, welche er zu durchlaufen hat, um von einem beliebigen Anfangszustande ausgehend zu demselben wieder zurückzukehren, die erste Anregung zu der Monat genannten Unterabtheilung des Jahres gegeben hat.

Hier führen Etymologie und Arithmetik zu dem nämlichen Schlusse.

Im Griechischen bedeuten die Worte *μήνη* und *μὴν* resp. Mond und Monat, *νουμηνία* oder *νεομηνία* heißt der Neumond oder der erste Tag im Monat.

Der alte Zusammenhang zwischen Mond und Monat ist auch in der englischen Sprache vollkommen ersichtlich geblieben, denn moon heißt Mond und month bedeutet Monat.

Der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neu- oder Vollmonden u. s. w., mit anderen Worten die synodische Umlaufszeit unseres Satelliten beträgt ungefähr 29½ Tage*).

Siebentes Kapitel.

Die Monate der Aegypter.

Im alten Aegypten galt eine Periode von zwölf gleichen Monaten, deren jeder aus dreißig Tagen bestand; doch begann diese Periode erst von Neuem, nachdem am Schlusse der vorhergehenden fünf Ergänzungstage oder Epagomenen (*ἐπαγόμεναι* sc. *ἡμέραι*) eingeschaltet worden waren. Man könnte also nicht mit Unrecht sagen, daß die Aegypter die Zeit in Perioden von dreizehn Monaten theilten, in zwölf von gleicher Länge und einem dreizehnten von nur fünf Tagen. Die Namen der zwölf ägyptischen Monate sind: Thoth, Phaophi, Athyr, Choiak, Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Payni, Epiphi, Mesori.

*) Siehe den dritten Band der Astronomie, Buch 21, 1. Kapitel, S. 294.

Die Schalttage heißen Nesi bei den heutigen Kopten, wenn das Jahr ein gemeines ist, und Kebus (?) in einem Schaltjahre. Seit der Kalenderverbesserung beginnt das auf ein Schaltjahr folgende Jahr mit dem 30. August, um mit dem darauf folgenden 28. August zu schließen; das nächste Jahr beginnt dann am 29. August [3]).

Achtes Kapitel.

Die Monate der Griechen.

Anfänglich gab es zwölf griechische Monate, ohne den Schaltmonat zu rechnen, der später in Gebrauch kam; die Monate waren abwechselnd voll und hohl, d. h. von 30 und von 29 Tagen.

Man theilte die Monate in drei Theile oder Dekaden, wobei wohlverstanden in den hohlen Monaten, die nur 29 Tage zählten, die dritte Dekade, mit einer contradictio in adjecto, aus blos neun Tagen bestand.

Während der ersten Dekade, mit welcher der Monat begann, zählte man die Tage von eins bis zehn; der erste Tag führte den besonderen Namen der Neomenie.

Die Tage der mittleren Dekade wurden gleichfalls von eins bis zehn gerechnet.

In der Schlußdekade dagegen galt eine ganz andere Zählungsweise.

In dieser letzten Periode sah man stets den Mond allmälich verschwinden, welcher Umstand Veranlassung gab zu ihrer Benennung durch ein griechisches Wort, das diese Abnahme ausdrückte *). Die zehn oder neun Tage dieser Verschwindungsdekade nun, mit welcher der Mond zu Ende ging, wurden numerisch, nach ihrer Reihenfolge, auf den Tag des vollständigen Verschwindens des Mondes bezogen. Der 21. Tag des Monats hieß demgemäß der zehnte oder der neunte

---

*) Man hat die Bemerkung gemacht, daß der Zusatz, mit welchem die Griechen die Tage der letzten Dekade bezeichnen (φθίνοντος sc. μηνός), bereits in der Odyssee vorkommt.

Tag vor dem Neumonde, je nachdem der Monat 30 oder 29 Tage zählte; der 22. Monatstag hieß nach demselben Princip der neunte oder der achte Tag, und sofort bis zum 30. oder 29. Tage des Monats (τριακὰς), welcher im Griechischen noch einen besonderen Namen (ἕνη καὶ νέα) führte, der zugleich alt und neu bezeichnet, weil an diesem Tage jedesmal der Schluß eines Mondwechsels und der Anfang der neuen Phase zusammenfielen.

Wir besitzen keinen alten Autor, der uns in einer Schrift ex professo mit den auf die Zeiteintheilung bei den Griechen bezüglichen Vorschriften bekannt gemacht hätte; die Reconstruction des griechischen Kalenders ist folglich nur dadurch möglich geworden, daß man die bei Prosaikern und Dichtern zerstreuten Stellen zusammenstellte und verglich. Es ist uns nicht gestattet, ohne die Grenzen, die wir unserer Darstellung gesteckt haben, zu überschreiten, hier die Resultate der Untersuchungen der Philologen über die Namen der zwölf Monate bei den Athenern anzuführen, um so mehr, als die Meinungen über die Bedeutung dieser Namen, und selbst über die Stelle, welche verschiedene derselben in der Reihe der zwölf Monate eingenommen haben, sehr getheilt sind.

Uebrigens waren die attischen Monate nicht übereinstimmend mit denen der anderen kleinen griechischen Republiken, z. B. der Lacedämonier [4]).

Neuntes Kapitel.

Die römischen Monate.

Romulus setzte eine zehnmonatliche Periode fest, nach deren Ablauf die Zählung stets in derselben Ordnung wieder von vorn begann.

Der erste von diesen zehn Monaten hieß Mars, nach dem Namen des Gottes, von dem Romulus seinen Ursprung herleitete. Der Name des zweiten Monats (Aprilis) hat eine minder sichere Abstammung: Einige führen ihn zurück auf das Wort aperire, öffnen, weil in diesem Monate die Erde sich öffnet; Andere, wie Ovid, nehmen an, April sei durch Corruption aus dem Beinamen der Venus, Aphrodite, entstanden.

Der dritte Monat war der Mutter des Mercur, Maja, geweiht.

Der vierte Monat war der Juno heilig, so daß Junius durch Abkürzung aus Junonius hervorgegangen wäre.

Die Namen der sechs übrigen Monate drückten einfach ihre Ordnung aus:

Quintilis, (der fünfte);	Sextilis, (der sechste);	September, (der siebente);
October, (der achte);	November, (der neunte);	December, (der zehnte).

Von den beiden Monaten, welche Numa zu den zehn Monaten des Romulus hinzusetzte, ward der erste Januarius, von Janus, genannt; der Name des anderen (Februarius) kommt einigen Archäologen zufolge von den Sühnopfern (februalia), durch welche man sich von den im Laufe des Jahres begangenen Fehlern zu reinigen suchte. In Italien gibt man, wie Cagnoli anführt, eine etwas verschiedene Erklärung für den Namen des zweiten Monats: Februar soll von Februus kommen, dem Gotte der Todten, dem dieser Monat heilig gewesen [5]).

Die römischen Monate sind auch die unsrigen geworden; es erscheint deshalb unerläßlich, sie von ihrem Ursprunge an zu verfolgen und zu untersuchen, wie sie nach und nach verändert und vervollständigt worden sind.

Mit Berufung auf das Zeugniß des Varro und Sueton — auch Ovid wäre zu nennen gewesen — gibt Censorinus, im Einklange mit dem eben von uns Angeführten, an, daß ursprünglich nur die zehn Monate: März, April, Mai, Juni, Quintilis, Sextilis, September, October, November und December bestanden. Von diesen hatten der März und der Mai, der Quintilis und der October jeder 31 Tage, die übrigen zählten blos 30. Die römische Periode, nach welcher die Zeit (das Jahr) gerechnet wurde, hatte folglich nur 304 Tage.

Numa oder Tarquin (die Alterthumsforscher haben nicht zu entscheiden gewagt, von welchem der beiden Könige die Neuerung ausging) fügte den 304 Tagen des Romulus noch 51 hinzu, welche auf zwei neue Monate vertheilt wurden, so daß eine zwölfmonatliche Periode von 355 Tagen entstand.

Da die einundfunfzig zugesetzten Tage nicht ausreichten, um den

beiden neugeschaffenen Monaten Januar und Februar eine nahezu gleiche Länge mit den alten Monaten zu verleihen, so griff man zu einer Verkürzung bei einigen dieser letzteren. Die vier großen Monate März, Mai, Quintilis und October behielten ihre 31 Tage, während die sechs kürzeren Monate von 30 Tagen noch weiter auf 29 Tage herabgesetzt wurden. Die dadurch gewonnenen 6 Tage erhöhten die 51 neuen Tage auf 57, von denen man 29 dem Januar und 28 Tage dem Februar zuwies.

Ein Wort über das Auffallende bei dieser numerischen Ausgleichung.

Die Griechen rechneten nach Perioden von 354 Tagen, und hätte man zur Periode des Romulus 50 Tage hinzusetzen wollen, so würde dieselbe Zahl herausgekommen sein. Aus Aberglauben nahm man jedoch 51 Tage, um zu vermeiden, daß die Summe eine gerade Zahl gäbe, der Meinung gemäß, daß die ungeraden Zahlen segensreicher, den Göttern angenehmer wären. Der nämliche Grund waltete bei der sonderbaren Vertheilung der Tage auf die verschiedenen Monate: vier hatten 31 Tage, sieben 29, nur der Februar zählte 28. Dieser Monat besaß also den doppelten Mangel, nicht allein der kürzeste zu sein, sondern, was viel verhängnißvoller, aus einer geraden Anzahl von Tagen zu bestehen.

Das war, nach der Bemerkung des berühmten Historikers Daunou, die römische Weisheit zu den Zeiten des göttlichen Numa!

Jeder römische Monat zerfiel in drei ungleiche Theile, welche durch die Tage der Kalenden, der Nonen und der Iden von einander getrennt waren.

Die Kalenden fielen unveränderlich auf den ersten Tag jedes Monats, die Nonen kamen am 5. oder am 7., die Iden am 13. oder am 15. Tage.

Den nächsten Feiertag, den Sonntag, vor Augen pflegen die Schulkinder wohl häufig die Wochentage nach ihrer Entfernung von dem ersehnten Festtage zu zählen, und nicht selten hört man sie sagen: wir haben noch zwei, drei, vier u. s. w. Tage bis zum Sonntag. Ebenso rechneten die Römer und bezeichneten jeden Tag nach seinem Abstande von dem nächstfolgenden Feste des Monats. Unmittelbar

nach den Kalenden eines Monats bezog man die Daten auf die Nonen, und sagte: sieben, sechs, fünf Tage vor den Nonen; am Tage nach den Nonen zählte man nach den Iden; die Tage der zweiten Monatshälfte endlich wurden auf die nämliche Weise nach den Kalenden des folgenden Monats angegeben. Die letzten Tage des Februar z. B. hießen der siebente, der sechste, der fünfte vor den Kalenden des März; wenn die Iden auf den 13. fielen, hatte man zuweilen bis siebenzehn Tage vor den Kalenden des folgenden Monats zu zählen.

Eine weitere Bemerkung wird die unglaubliche Sonderbarkeit dieser Rechnungsweise noch mehr hervorheben.

Die Tage, welche den Nonen, den Iden und Kalenden unmittelbar vorhergingen, hießen rationeller Weise die Vortage (pridie) der Nonen, Iden und Kalenden. Nun hätten die Tage, welche wiederum an jene Vortage sich rückwärts anschlossen, zweite Tage vor den Nonen, Iden, Kalenden heißen sollen; statt dessen nannte man sie in der Wirklichkeit dritte Tage, ihnen vorher gingen die vierten Tage u. s. w., mit dem beständigen Fehler von einer Einheit.

Wer sieht nicht mit Erstaunen, ich möchte fast sagen mit Unwillen, in diesem Systeme retrograder Zählung z. B. den Tag der Nonen, als wahren Ausgangspunkt genommen, in der Rechnung nicht mitzählen, wenn der vorhergehende Tag ausgedrückt werden soll, und dagegen für die Angabe der früheren Tage als Einheit gelten!

Wenn Bélise in den gelehrten Frauen vom Notar fordert:

De dater par les mots d'Ides et de Calendes,
(nach den Iden und Kalenden zu datiren)

so wird man, um die ganze Ironie der Anspielung zu begreifen, sich erinnern, daß Molière's Blaustrumpf nach Etwas verlangt, was zu den ungereimtesten und unvernünftigsten Einrichtungen des Alterthums gehört.

Gerade wie die Aegypter, empfanden die Römer die Nothwendigkeit, wie bald gezeigt werden soll, zu Schaltmonaten zu greifen.

Alle zwei Jahre wurde den zwölf gewöhnlichen Monaten ein Schaltmonat hinzugefügt, welcher den Namen mercedonius, merkedonius oder merkedinus führte.

Aus einem fast unerklärlichen Eigensinne wurde der Monat

mercedonius ganz und gar zwischen dem 23. und 24. Februar eingeschaltet, so daß also der 1. 2. 3. u. s. w. Tag des Mercedonius auf den 23. Februar folgte und nicht eher die Reihenfolge des 24., 25., 26., 27., 28. Februar wieder aufgenommen wurde, als nachdem alle Tage des Schaltmonates erschöpft waren [6]).

Zehntes Kapitel.

Die Monate im republikanischen Kalender.

Der republikanische Kalender des Jahres 1793 zählte 12 Monate, jeden von 30 Tagen, und 5 oder 6 Epagomenen oder Schalttage, welche keinem der 12 Monate angehörten *). Es wird sich bald zeigen, welchem in der Vertheilung der Jahreszeiten begründeten Umstande diese fünf oder sechs Ergänzungstage ihren Ursprung verdankten.

Jeder Monat war in drei Dekaden getheilt, in welchen die einzelnen Tage primidi, duodi, tridi, quartidi, quintidi, sextidi, septidi, octidi, nonidi und décadi hießen. Daß der Name des Tages der Dekade unmittelbar und ohne Rechnung das Datum des Monatstages selbst anzeigte (?), war unstreitig ein großer Vortheil, dessen die Wocheneintheilung entbehrt.

Die Reihenfolge der Monate, vom Anfangsmonate des republikanischen Jahres beginnend, lautete:

Vendémiaire, Brumaire, Frimaire, Nivôse, Pluviôse, Ventôse, Germinal, Floréal, Prairial, Messidor, Thermidor, Fructidor.

Die Sprachkundigen sind mit diesen Benennungen nicht zufrieden gewesen, während von der andern Seite die Bequemlichkeit einer gleichen Endung für die derselben Jahreszeit angehörigen Monate, sowie der Vortheil hervorgehoben wurde, welcher in der Beziehung zu jährlich wiederkehrenden Zuständen der Witterung oder der Agricultur liegt. So entsprach Fructidor der Epoche, wo die Früchte reifen, Vendémiaire der Zeit der Weinlese, Pluviôse der nassen Jahreszeit, Frimaire dem Beginnen des Frostes u. s. w.

*) Diese Schalttage erhielten den Namen Sansculottides, als hätte man absichtlich das republikanische Jahr in Mißcredit bringen wollen.

Allein diese Benennungen hatten den Nachtheil, zunächst nur auf das in Frankreich herrschende Klima anwendbar zu sein, so daß in der That eine seltsame Verblendung dazu gehörte, wenn man auf ihre allgemeine Annahme in allen Ländern rechnete.

Wie allbekannt hat dieser Kalender nur dreizehn Jahre Geltung gehabt [7]).

Elftes Kapitel.

Von den verschiedenen Sonnenjahren.

Die Philologen stimmen in der Annahme einer gemeinschaftlichen Quelle für die Worte annus und annulus überein. Macrobius übersetzt annus durch „Kreislauf der Zeit".

Wir haben früher gesehen, wie man zur genauen Bestimmung der Rückkehr der Nachtgleichenpunkte gelangen kann*); die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu dem nämlichen Aequinoctium zurückzukehren, heißt ein tropisches Jahr**).

Die genaue Dauer des tropischen Jahres, in mittleren Sonnentagen ausgedrückt, ist 365,242264 Tage oder 365 T. 5 St. 48 M. 51,6 Sec.

In Sterntagen ausgedrückt würde der Betrag des Jahres um eine Einheit größer sein, also 366,242264 Tage enthalten.

Siderisches Jahr heißt die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu dem nämlichen Sterne zurückzukommen. Infolge der Präcession der Aequinoctien, wodurch der Punkt der Frühlingsnachtgleiche alljährlich um 50″23 von Osten nach Westen zurückweicht***), ist das tropische Jahr kürzer als das siderische. Der siderischen Jahresdauer hat man sich zu bedienen, um das dritte Keppler'sche Gesetz zu verificiren, nach welchem die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sich wie die Cuben der mittleren Entfernungen der Planeten von ihrem Centralkörper verhalten. In mittleren Tagen aus-

*) Siehe den 1. Band der Astronomie, Buch 7, Kap. 4, S. 224.

**) Siehe den 1. Band der Astronomie, Buch 7, Kup. 7, S. 234.

***) Buch 23, Seite 76 des 21. Kapitels in diesem Bande.

gedrückt beträgt die Dauer des siderischen Jahres 365,25637 Tage oder 365 T. 6 St. 9 M. 10,37 Sec., so daß sich über das tropische Jahr ein Ueberschuß von 20 Min. 18,77 Sec. herausstellt.

Wenn die Sonne in ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde genau zu demselben Punkte ihrer Bahn zurückkehrt, von welchem sie ausgegangen ist, so sagt man, ein anomalistisches Jahr sei verflossen. Das Wort Anomalie bedeutet Ungleichheit; die Bezeichnung erklärt sich, wenn man sich daran erinnert, daß infolge der planetarischen Störungen die Elemente der Bahnen Aenderungen unterworfen sind. Das anomalistische Jahr hat 365,259709 mittlere Sonnentage oder 365 T. 6 St. 13 M. 58,8 Sec.

Wollte man die Bewegung der Erde in Bezug auf die Planeten und die Zeitintervalle betrachten, nach denen sie zu einer gleichen Länge mit jedem der übrigen Planeten zurückkehrt, so würden daraus verschiedene synodische Jahre folgen, deren nähere Angabe für unseren Zweck überflüssig erscheint.

Für die Bedürfnisse der folgenden Auseinandersetzung ist allein die Bemerkung nöthig, daß das tropische Jahr von 365 T. 5 St. 48 M. 51,6 Sec. oder 365,242264 Tagen einen ziemlich verwickelten Bruch darbietet, welcher die Ursache von allen Schwierigkeiten in der Concordanz der Kalender und allen nach und nach erdachten Kalenderverbesserungen geworden ist. Nimmt man die Länge des Jahres zu 365,25 Tagen oder 365 Tagen 6 Stunden, so begeht man einen Fehler von 11 Min. 8,4 Sec.

Zwölftes Kapitel.

Das ägyptische Jahr. — Das bewegliche Jahr. — Die Sothisperiode.

Die Aegypter, meint man, hatten ursprünglich ein Jahr von 360 Tagen, eingetheilt in zwölf gleiche Monate von 30 Tagen. Hiermit soll nach der Ansicht einiger Gelehrten die Theilung des Kreises in 360 gleiche Theile, in 360 Grade zusammenhängen.

In der Geschichte der Rhea und des Saturn, welche Plutarch uns aufbehalten hat, wird erzählt, daß die fünf Schalttage (Epago-

menen) vom Hermes Trismegistos zum ursprünglichen Jahre von 360 Tagen hinzugesetzt wurden.

Auf 365 Tage gestiegen behielt das ägyptische Jahr, obwohl in vermindertem Grade, den Hauptfehler, den es bei seiner früheren Länge von 360 Tagen besessen: immer blieb eine Differenz mit der Zeit, in welcher die Sonne ihre Bahn am Himmel vollendet.

Jenes Jahr von 365 Tagen wird das bewegliche oder wandernde Jahr (annus vagus) genannt; beantworten wir die Frage nach dem Ursprunge dieser Benennung, so wie nach den Nachtheilen, welche sein Gebrauch zur Folge hat.

In der Erklärung der Jahreszeiten*) ist durch Thatsachen und auf theoretischem Wege der Beweis geführt worden, daß an einem gegebenen Orte die jährlichen Temperaturen sich in zwei Perioden, eine wachsende und eine abnehmende eintheilen, und daß dank der gegenwärtigen Zusammensetzung unseres bürgerlichen Jahres jeder Tag von bestimmtem Datum, wie der 10. Januar, 20. März, 15. Juli, 19. September u. s. w., von zufälligen atmosphärischen Umständen abgesehen in jedem Jahre die nämliche Temperatur besitzt. Dies rührt offenbar daher, daß an einem gegebenen Tage die Sonne im Mittel dieselbe Stellung in Bezug auf den Aequator einnimmt, und folglich auch in Bezug auf einen bestimmten Horizont. Von dieser Stellung aber hängt, wie in dem angeführten Kapitel gezeigt worden, die Beschaffenheit der Temperatur auf der Erdoberfläche ab.

Was wird nun die Folge sein, wenn die Länge des bürgerlichen Jahres mit der des astronomischen nicht übereinstimmt? Wir setzen voraus, wie es bei den Aegyptern der Fall war, daß das bürgerliche Jahr 365 Tage zähle, während das astronomische Jahr ungefähr um einen Vierteltag länger ist.

Sei jetzt ein Tag von bestimmtem Datum gegeben, z. B. der 21. März, der Tag der Tag- und Nachtgleiche. An diesem Tage findet eine gewisse Temperatur statt, welche von dem Stande der Sonne im Aequator abhängt. Zählt man im darauffolgenden Jahre den 21. März, so wird die Sonne noch nicht im Aequator stehen, sondern

---

*) Buch 32, Kap. 12, S. 455.

ein Vierteltag muß noch verfließen, bevor die Sonne jene Ebene erreicht. Wenn nach Ablauf einer neuen Periode der 21. März wiederkehrt, wird die Sonne noch weiter von der Ebene des Aequators entfernt und ein halber Tag erforderlich sein, um dahin zu gelangen.

Nach vier Umläufen endlich wird die Sonne, statt wie zu Anfang der Periode am 21. März im Aequator zu stehen, denselben erst am 22. erreichen; es wird folglich der 22. März die Temperatur besitzen, welche ursprünglich dem 21. zukam. Denkt man sich vier neue Umläufe zurückgelegt, so gelangt die Sonne erst am 23. März zum Aequator, und der 23. wird die anfänglich am 21. beobachtete Temperatur zeigen. Bei jeder Periode von vier Jahren tritt also das Aequinoctium um einen Tag später ein, so daß die ursprüngliche Temperatur des 21. März nach und nach in den April, in den Mai, den Juni u. s. w. hinaufrückt.

Alle Tage des Jahres müssen in Bezug auf ihre Temperatur successive die Stelle des 21. März einnehmen, und alle Monate demgemäß zurückweichend der Reihe nach in den Winter zu liegen kommen.

Bei der gegenwärtigen Lage der Dinge herrscht in unseren Klimaten im April eine gemäßigte Temperatur, die Monate Juli und August sind heiß, der December und Januar bringt Kälte. Bei Annahme des von uns untersuchten Systemes würde der nämliche Monat der Reihe nach gemäßigt, kalt und heiß werden. Die Verrichtungen des Landbaues stehen zu den verschiedenen Monaten nicht wegen ihrer Namen, sondern wegen ihrer Temperaturverhältnisse in Beziehung. Im Systeme des ägyptischen Jahres könnte man folglich nicht sagen: die Erndte findet in diesem, die Weinlese in jenem Monate statt, weil im Verlaufe einer gewissen Periode alle Monate der der Erndte günstigen Temperatur, oder der Jahreszeit, in welcher die Weinlese vorgenommen wird, entsprechen würden, u. s. w.

Dieses Mißverhältniß springt Jedermann in die Augen, aber es finden sich noch andere Nachtheile von nicht geringerer Evidenz. Nehmen wir z. B. an, ein Geschichtsschreiber berichte von einer im Januar gelieferten Schlacht: bei der gegenwärtigen Einrichtung des Kalenders weiß ein Jeder, daß das Ereigniß im Winter stattfand, während im Systeme der Aegypter eine Rechnung vorhergehen muß, um zu

entscheiden, ob die Schlacht in den Winter, in das Frühjahr, den Sommer oder den Herbst fiel, weil eben der Monat Januar der Reihe nach allen Jahreszeiten entsprechen kann.

Um die Frage zu beantworten, in welcher Periode ägyptischer Jahre (diese Jahre führen sehr richtig den Beinamen der beweglichen oder wandernden Jahre) die einzelnen Monate den einzelnen Jahreszeiten entsprochen haben, muß man offenbar die Länge des ägyptischen Jahres oder 365 Tage mit 4 multipliciren, wodurch man eine Periode von 1460 astronomischen oder 1461 beweglichen Jahren erhält. Diese Periode, in deren Verlaufe nach und nach alle Tage des Jahres die nämliche Temperatur genießen, hieß bei den Alten die Sothisperiode (Hundssternperiode, Σωθιακὴ περίοδος).

Abergläubische Motive wurden zu Gunsten des beweglichen Jahres geltend gemacht; man sagte: da die bürgerlichen und kirchlichen Feste an bestimmten Tagen im Jahre gefeiert werden, so entsprechen im Verlaufe einer bestimmten Zeit (nach 1460 Jahren) diese Feste allen Jahreszeiten, welche dadurch geheiliget werden. Ich brauche ohne Zweifel nicht auf die Ungereimtheit derartiger Betrachtungen aufmerksam zu machen, die seit der Einführung des Schaltjahres in Vergessenheit gerathen sind.

Dreizehntes Kapitel.

Das griechische Jahr. — Die Cyclen des Meton und des Kalippos.

Das griechische Jahr hatte ursprünglich 354 Tage; später brachte man es auf 360, und zuletzt wurde mit Hülfe von Schaltmonaten seine Dauer im Mittel auf 365 Tage erhöht.

Da die Mondmonate zuerst zur Zeiteintheilung angewendet wurden, so feierte man die Feste alten Ursprungs an Epochen, welche mit dem Mondlaufe in Verbindung standen. Weil die Jahreszeiten aber nur mit dem Laufe der Sonne zusammenhängen, so mußte man, um zu bewirken, daß die Feste an denselben Mondphasen wiederkehrten und zugleich nahe in dieselben Jahreszeiten fielen, einfache Beziehungen aufsuchen, welche die beiden Arten der Zeiteintheilung in Verbindung zu bringen gestatteten.

Ein Orakel hatte den Griechen vorgeschrieben, gewisse ihrer Feste an denselben Tagen des Jahres und bei den nämlichen Mondphasen zu feiern. Es war schwierig, im Voraus die Tage zu bestimmen, an denen diese Feier stattzufinden hatte, bis zu dem Augenblicke, wo Meton den Cyclus entdeckte, welcher seinen Namen trägt und während der Feier der olympischen Spiele, im Jahre 433 vor unserer Zeitrechnung nach den Chronologen, von seinem Urheber bekannt gemacht wurde. Meton bemerkte, daß in neunzehn Jahren 235 Mondwechsel sich ereignen, so daß nach neunzehn Jahren die nämlichen Mondphasen an den nämlichen Tagen, d. h. an den Tagen von gleichem Datum wiederkehren. Nach Ablauf dieser Zeit also mußten die Feste an demselben Datum gefeiert werden. Wir haben bereits angeführt, daß wie erzählt wird die Griechen bei der Verkündigung dieser Entdeckung in eine solche Begeisterung geriethen, daß sie die Eintragung derselben mit goldenen Buchstaben auf den öffentlichen Denkmälern beschlossen*). Daher schreibt sich die Benennung der gülden en Zahlen für die Zahlen, welche den Metonischen Cyclus bilden.

Es ist übrigens von einigen Chronologen bezweifelt worden, ob in Griechenland diese Periode im bürgerlichen Leben Anwendung gefunden habe; vielleicht haben die Schriftsteller, die sich bei dieser Gelegenheit einer übertriebenen Bewunderung hingaben, den gelehrten Astronomen für die unedeln Spöttereien entschädigen wollen, welche in einer Komödie des Aristophanes gegen ihn gerichtet werden.

Kalippos vermehrte die Genauigkeit der von seinem Landsmanne Meton aufgestellten Bemerkung, indem er eine Periode von sechsundsiebenzig Sonnenjahren annahm, welche 940 Mondwechseln entsprechen[8]).

---

*) Siehe den dritten Band der Astronomie, Buch 21, Kap. 7, S. 311.

Vierzehntes Kapitel.

Das römische Jahr.

Unter Romulus enthielt das römische Jahr 304 Tage; Numa brachte es auf 355 Tage. Nach der Einführung des Schaltmondes Mercedonius bestand dasselbe aus 366 Tagen.

Hieraus entsprang ein immer wachsender Unterschied zwischen dem Anfange des bürgerlichen und des astronomischen Jahres, trotzdem, daß der Monat Mercedonius eigens zur Beseitigung dieses Uebelstandes geschaffen war. Da man sich nicht zu helfen wußte, entschied man sich an die Pontifices das Recht zu übertragen, dem Schaltmonate diejenige Anzahl Tage zuzuerkennen, welche die Umstände erheischen würden. Von diesem Augenblicke an wurde der Kalender ein Mittel der Corruption und des Betrugs. Cicero erzählt uns, daß infolge dieser discretionären Gewalt die Priester für ihre Freunde die Dauer der Amtsführung verlängerten, oder bei ihren Feinden verkürzten, daß sie nach ihrer Willkür die Verfalltermine hinausschoben oder beschleunigten, daß sie die Einnahmen der Staatspächter nach Befinden dadurch erhöhten oder zu ihrem Schaden verkürzten.

Unwissenheit, Aberglaube und Betrug hatten die Sachen dermaßen schlimm gemacht, daß man dahin gekommen war, die Herbstfeste, welche autumnalia hießen, im Frühjahr und die Erndtefeierlichkeiten in der Mitte des Winters zu begehen.

Funfzehntes Kapitel.

Die julianische Kalenderverbesserung.

Julius Cäsar faßte den Entschluß, der ganzen Verwirrung, von der wir eben gesprochen, ein Ende zu machen, und eine regelmäßige, unveränderliche, willkürfreie Einschaltungsregel festzusetzen, welche in Zukunft der Wiederkehr einer solchen Unordnung vorbeugen sollte. Ein ägyptischer Astronom Sosigenes ward von ihm zu Rathe gezogen, und die gemeinschaftliche Arbeit Beider führte zu dem, was man all-

gemein mit dem Namen der julianischen Kalenderverbesserung — von Julius Cäsar — zu bezeichnen pflegt.

Die Idee, das bürgerliche Jahr auf eine Periode zu gründen, welche eine Bruchzahl von Tagen enthielt, konnte dem ausgezeichnet scharfsinnigen Geiste Cäsar's nicht einen Augenblick zusagen.

Gesetzt nämlich das bürgerliche Jahr sei nach einer Dauer von 365¼ Tagen geregelt, und ein gewisses Jahr dieses neuen Kalenders beginne mit dem ersten Januar um Mitternacht, so wird das folgende Jahr erst um sechs Uhr Morgens anfangen, das darauffolgende um Mittag, und erst nach einer Periode von vier Jahren würde der Anfang wieder auf Mitternacht fallen. Ohne weitere Auslassung übersieht Jedermann alle Uebelstände, welche aus einem mit der Jahreszahl wechselnden Jahresanfang entspringen müßten.

Eine zweite Bedingung, welcher Genüge zu leisten war, damit die Jahre eine leichte Ausdrucksweise durch eine gleichgeltende Anzahl von Tagen gestatteten, bestand darin, die Einschaltung auf eine regelmäßige und einfache Weise anzuordnen. Man darf behaupten, daß diese letztere Bedingung sich im julianischen Kalender erfüllt findet.

Um all' dem Uebel zu begegnen, das aus der fehlerhaften Länge des Schaltmonats Mercedonius und aus der betrügerischen Priesterwirthschaft entstanden war, gab Cäsar dem Jahre 708 nach Roms Erbauung eine Dauer von 445 Tagen. Diese 445 Tage wurden außer dem gewöhnlichen Jahre durch einen Mercedonius von 23 Tagen und durch zwei außerordentliche, zwischen November und December eingeschaltete Monate von resp. 33 und 34 Tagen gebildet.

Das Jahr, in welchem diese Reform vorgenommen wurde, das sechsundvierzigste vor unserer Zeitrechnung, hieß das Jahr der Verwirrung (annus confusionis).

Die julianische Kalenderverbesserung nahm die Länge des astronomischen Jahres zu 365¼ Tagen an; der Monat Mercedonius verschwand, und die infolge dessen disponibeln Tage suchte man dergestalt zu vertheilen, daß die herrschenden Vorstellungen und Vorurtheile des römischen Volkes so wenig als möglich verletzt wurden. Demnach behielt der Februar seine 28 Tage, denn ihn auf 30 zu setzen hätte das Wohl des Staates zu bedrohen geschienen; dagegen zählten

von jetzt ab sieben Monate, statt der früheren fünf, 31 Tage, und zwar waren es der Sextilis und December, welche zu großen Monaten, menses majores, erhoben wurden.

Nachdem Julius Cäsar den Kalender reformirt, brachte Marcus Antonius, damals Consul, den Vorschlag zur Annahme, um das Andenken an diese Wohlthat zu verewigen, den Monat Quintilis, in welchem Cäsar geboren war, hinfort mit dem Namen Julius zu bezeichnen.

In der Folge — im Jahre 730 nach Gründung Roms — entschied der Senat, wie Macrobius uns berichtet, daß zum Andenken an die zahlreichen Dienste, welche Augustus dem Reiche während des Sextilis geleistet, dieser Monat den Namen August führen sollte.

Die beiden erwähnten Namensvertauschungen riefen seitens der Kaiser Tiberius, Claudius, Nero, Domitian verschiedene Versuche hervor, um auch ihre Namen in den Kalender zu bringen; glücklicherweise hat sich die Welt eine solche Schmach nicht gefallen lassen.

Julius Cäsar und Sosigenes wiesen dem Schalttage seine Stelle im Monat Februar an; doch war die Kühnheit nicht ganz so groß, als auf den ersten Blick scheinen möchte. Um dem hergebrachten Charakter dieses geradzahligen Unglücksmonats nicht zu nahe zu treten, mochte man auch in den Schaltjahren seine Länge nicht auf 29 Tage erhöhen, sondern ließ seine 28 Tage scheinbar unangetastet.

Der sechste Tag nämlich vor den Kalenden des März hieß sexto-calendas und wurde besonders gefeiert, zum Andenken an die Vertreibung des Tarquinius. Zwischen diesem Feste der Vertreibung der Könige und dem darauffolgenden Tage ward der Schalttag unter dem Namen bissexto-calendas eingeschoben, woher das Beiwort bissextilis zur Bezeichnung der Jahre von 366 Tagen*).

Die Nachfolger Cäsar's im Oberpriesteramt hatten die Ausführung der von ihm eingesetzten Reform zu überwachen; allein sie begingen den Fehler, jedesmal das eben verflossene Schaltjahr mit zu den vier Jahren zu rechnen, welche bis zum folgenden Schaltjahre ver-

*) Die julianische Kalenderverbesserung wurde um das Jahr 45 vor Christi Geburt, nach der Zählungsweise der Astronomen, eingeführt; also ging diese große Reform dem Tode Cäsar's kaum um ein Jahr vorher.

laufen sollten, so daß in der Wirklichkeit dadurch die Schaltjahre alle drei Jahre wiederkehrten.

Also vermochten diese ehrwürdigen Personen, die nicht anstanden aus dem Vogelfluge oder der Beschaffenheit der Eingeweide eines unter dem Opfermesser gefallenen Thieres die Zukunft vorherzusagen, nicht zu begreifen, daß man ein Viertel mit vier multipliciren müsse, um Eins zu erhalten. Sechsunddreißig Jahre lang beging man diesen Fehler in der Anwendung der Vorschriften des julianischen Kalenders; erst Augustus brachte Abhülfe und ließ die Tage weg, welche man in der angegebenen Weise zu viel eingeschaltet hatte.

Sechszehntes Kapitel.

Das Jahr der Israeliten.

Die gewöhnlichen Jahre der Hebräer bestanden aus zwölf Mondmonaten: Nisan, Ijar, Sivan, Thamus, Ab, Elul, Thischri, Marcheschvan, Kislev, Tebeth, Schebat, Adar, welche wie bei den Griechen abwechselnd 30 und 29 Tage, also im Ganzen nur 354 Tage zählten. Der elftägige Unterschied mit dem Sonnenjahre mußte für die Jahreszeiten eine wachsende Verrückung erzeugen, weshalb man zeitig die Nothwendigkeit einsah, zu Einschaltungen seine Zuflucht zu nehmen. Die Israeliten hatten folglich außerordentliche Jahre mit dreizehn Monaten, welche 29 oder 30 Tage zählten. Der dreizehnte Monat, Veadar oder zweiter Adar genannt, wurde in gewissen Jahren hinzugesetzt, damit das Passahfest, welches den 15. Nisan begann, mit der Zeit zusammenfiel, wo die Gerste geschnitten wurde, weil die Festregel außer dem Passahlamme auch die Darbringung reifer Aehren als Erstlinge der Erndte forderte. Die Vorschriften über die Einschaltung wechselten mit der Zeit und je nach dem Aufenthaltsorte der im Exil lebenden Juden. Endlich nahm man den Meton'schen Cyclus an, in welchem jedesmal das 3., 6., 8., 11., 14., 17. und 19. Jahr aus dreizehn Monaten besteht (?) und mit dem Beiwort embolismisch — von dem griechischen Worte ἐμβολισμός, d. h. Einschaltung — bezeichnet wird.

Siebenzehntes Kapitel.

Das Jahr der Mohammedaner.

Das Jahr der Mohammedaner besteht wie das griechische Jahr aus zwölf Monaten oder Lunationen, abwechselnd zu 30 und zu 29 Tagen; die Summe von 354 Tagen ist im Vergleich zum Sonnenjahre um $11^1/_4$ Tag zu kurz.

Die mohammedanischen Monate heißen:

Moharrem	30	Tage
Safar	29	=
Rebî el-awwel (Rebî I)	30	=
Rebî el-acher oder eth-thani (Rebî II)	29	=
Dschemâdi el-awwel (Dschemâdi I)	30	=
Dschemâdi el-acher oder eth-thani (Dschemâdi II)	29	=
Redscheb	30	=
Schabân	29	=
Ramadân	30	=
Schewwâl	29	=
Dsû'l-kade	30	=
Dsû'l-hedsche	29	=
	Summa 354	Tage.

Bei dieser Einrichtung ist die Dauer jeder Lunation im Mittel zu $29^1/_2$ Tagen gerechnet, also 44 Minuten zu kurz. Um den daraus entspringenden Fehler zu corrigiren, fügen die Muselmänner im Verlaufe von je 30 Jahren 11 Schalttage hinzu, indem sie jedesmal den letzten Monat um einen Tag vermehren, so daß während einer Periode der Monat Dsu'l-hedsche elfmal 30 Tage hat. Die Vertheilung der elf Schalttage geschieht in jedem dreißigjährigen Cyclus nach folgendem Schema:

Schaltjahre: 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29.

Der dreißigjährige mohammedanische Cyclus besteht also aus 360 Lunationen oder $30 \times 354 + 11 = 10631$ Tagen; genau genommen müßten noch 16 Min. 49,2 Sec. hinzukommen, um den Anfang des neuen Mondwechsels zu erreichen; infolge dieses Fehlers rücken die Monate alle 30 Jahre ungefähr um eine Viertelstunde weiter vor. Da seit der Epoche der Hedschra (Hegira) 42 Cyclen ver-

flossen sind, so beträgt der Fehler gegenwärtig etwa 11 St. 40 Min. Es folgt daraus, daß die Feste und die neuen Monate in den benachbarten Städten nicht immer an demselben Tage gefeiert werden. Außerdem steigert sich die Verwirrung noch dadurch, daß vorschriftsmäßig der Mond von zwei glaubwürdigen Männern gesehen worden sein muß, bevor ein Monat anfangen kann, wodurch der Beginn der Feierlichkeiten häufig von ganz zufälligen Umständen abhängig wird. Da endlich das Jahr der Mohammedaner ungefähr um elf Tage kürzer ist, als das tropische Jahr, nach welchem allein der Wechsel der Jahreszeiten sich richtet, so kann der erste Tag im Jahre — der Anfangstag des Monats Moharrem — in der Reihenfolge der Jahreszeiten keinen festen Platz einnehmen. Indem er mehr als elf Tage früher wiederkehrt, als die Sonne ihren Lauf vollendet, weicht er alljährlich um ebensoviel zurück, mit andern Worten, der Jahresanfang geht nach und nach vom Frühling zum Winter, vom Winter zum Herbst, vom Herbst zum Sommer und vom Sommer zum Frühling, so daß er in der kurzen Periode von vierunddreißig Jahren der Reihe nach in alle verschiedenen Jahreszeiten fällt.

Während bei uns 33 Jahre verfließen, zählen die Mohammedaner deren 34; der türkische Fiscus aber bedachte, daß die Astronomie dem Interesse des Staates wohl zu Statten käme, der bis dahin seine Beamten in 33 Jahren vierunddreißig Mal zu bezahlen hatte, und rechnet seitdem in der Administration nach dem julianischen Kalender.

Achtzehntes Kapitel.

Das Jahr der Chinesen.

Seit dem höchsten Alterthume, mehr als zwanzig Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung, bedienen sich die Chinesen des Jahres von $365^1/_4$ Tagen, d. h. sie zählen wie im julianischen Kalender drei aufeinanderfolgende Jahre von 365 Tagen und ein viertes von 366 Tagen. Leider hat man in jenen frühen Zeiten die Ungenauigkeit dieser Rechnungsweise zu wiederholten Malen durch beliebige Correctio-

nen zu verbessern gesucht, über deren Betrag uns geschichtlich Nichts bekannt ist, und die überdies nur auf unvollkommenen Beobachtungen beruhten. Die alten Chinesen maßen die Jahreslänge durch die Rückkehr der Wintersonnenwende, deren Eintritt vermittelst der an einem Gnomon beobachteten Schattenlänge bestimmt wurde. Sie behielten demnach ihr Jahr von 365¹/₄ Tagen so lange unverändert bei, bis die Beobachtungen am Gnomon darthaten, daß eine merkliche Abweichung von der wahren Durchgangszeit der Sonne durch das Solstitium stattfand: alsdann ließen sie eine der gregorianischen Kalenderverbesserung analoge Reform eintreten. Dadurch sind natürlicherweise Discontinuitäten in der chinesischen Chronologie entstanden, welche sich übrigens seit dem Jahre 206 vor Christi Geburt nicht wiederholt haben.

Das chinesische Jahr ist in Mondmonate getheilt, und zwar wußten die alten Chinesen bereits, daß in neunzehn Jahren von 365¹/₂ Tagen 235 Lunationen eintreten, und daß folglich nach Ablauf dieses Cyclus die nämlichen Mondphasen an den nämlichen Tagen wiederkehren. Sie hatten also die nach Meton benannte Periode entdeckt (Kap. 13, S. 542).

Die gewöhnlichen Jahre der Chinesen haben zwölf Monate oder Monde; andere auf den neunzehnjährigen Cyclus passend vertheilte Jahre, sieben an der Zahl, enthalten dreizehn, und zwar fallen die Schaltmonde auf die Jahre 3, 6, 9, 11, 14, 17 und 19 des Cyclus. Diese Schaltmonde, sagt uns Herr Biot, werden in eigenthümlicher Weise durch einen religiösen Ritus dargestellt: „In der kaiserlichen Residenz befindet sich ein quadratisches Gebäude, dessen vier Seiten den Cardinalpunkten des Horizontes zugewandt sind; der Inhalt des Palastes ist in zwölf, den zwölf gewöhnlichen Monden geweihete Säle abgetheilt. Beim Beginne jeder Lunation bringt der Kaiser der Reihe nach ein Opfer in dem entsprechenden Saale dar; wenn aber ein Schaltmond eintritt, so wird der Ritus zwischen den beiden Flügeln der Pforte vollzogen, welche den Uebergang von einem Saale in den andern bildet.“

Neunzehntes Kapitel.

Das Jahr der Perser im elften Jahrhundert.

Bereits im elften Jahrhundert hatten die Perser eine Schaltregel eingeführt, welche das bürgerliche Jahr mit dem astronomischen in sehr naher Uebereinstimmung hielt, und Aequinoctien wie Solstitien auf dieselben Tage des bürgerlichen Jahres brachte. Ihr Verfahren bestand in Folgendem:

Auf je drei Gemeinjahre von 365 Tagen folgte siebenmal nach einander ein Jahr von 366 Tagen; das achte Mal jedoch wurde der 366ste Schalttag nicht mehr im vierten Jahre der Periode hinzugesetzt, sondern man wartete das fünfte ab, um die Einschaltung zu machen.

Welche Jahreslänge ergibt sich aus dieser Einschaltungsregel?

Die sieben ersten Perioden umfassen 28 Jahre, dazu die fünf Jahre der letzten Periode gerechnet, gibt einen Cyclus von 33 Jahren, in dessen Verlaufe die Perser also 8 Tage einschalten. Hieraus folgt für den Bruchtheil der mittleren Jahreslänge, welcher zu 365 Tagen hinzutritt, der Werth von $^8/_{33}$ oder 0,2424 Tagen.

Dem Verfahren der Perser zufolge enthalten demnach 10000 bürgerliche Jahre . . . . 3652424,00 Tage
während 10000 astronomische Jahre umfassen . 3652422,64 „
so daß die Differenz nur beträgt . . . . . 1,36 Tag.

Wir werden in der Folge sehen, daß diese persische Schaltregel eine noch größere Genauigkeit gewährt, als die heutzutage in dem größten Theile von Europa und der neuen Welt angenommenen Vorschriften des gregorianischen Kalenders.

Zwanzigstes Kapitel.

Die gregorianische Kalenderreform. — Das christliche Jahr alten und neuen Stils. — Einführungszeit des verbesserten Kalenders bei den verschiedenen Völkern. — Unterschied zwischen den Daten des julianischen und gregorianischen Jahres. — Zeitrechnung der Russen.

Das Concil von Nicäa im Jahre 325 war der Meinung, daß die Frühlingsnachtgleiche nach dem julianischen Kalender stets auf den 21. März fallen müßte: für so genau übereinstimmend hielt man die Schaltvorschriften Cäsar's mit der wahren Länge des Sonnenjahres. Doch verhält es sich wesentlich anders: während dem julianischen Kalender eine Jahreslänge von $365^1/_4$ Tagen zu Grunde liegt, beträgt der wahre Werth derselben nur 365,242264 Tage. Wir wollen untersuchen, welchen Einfluß dieser Unterschied auf die Stellung der Sonne an einem bestimmten Tage, dem 21. März zum Beispiel, ausüben muß.

Wenn in einem julianischen Jahre das Aequinoctium richtig am 21. März eingetreten ist, so wird dasselbe im darauf folgenden Jahre um so viel früher wiederkehren, als der Unterschied zwischen 0,25 und 0,242264 Tagen beträgt. Wie gering diese Differenz auch sein mag, so müssen doch im Laufe der Jahre ganze Tage daraus entstehen, weil der Betrag alljährlich von Neuem in demselben Sinne sich summirt. Die Temperatur, die anfänglich dem 21. März zukam, wird folglich nach und nach auf den 20., den 19., den 18. u. s. w. fallen, so daß wir zu einem gerade entgegengesetzten Ergebnisse gelangen, als früher bei der Anwendung des beweglichen ägyptischen Sonnenjahres der Fall war. Denn da letzteres eine kürzere Dauer hatte als das astronomische Jahr, so war, wie man sich erinnern wird, die Temperatur des 21. März successive auf den 22., den 23., den 24. März u. s. w. gerückt.

Infolge der kleinen Differenz zwischen dem julianischen Jahr von 365,25 Tagen und dem astronomischen Jahr von 365,242264 Tagen trat das Aequinoctium bereits im funfzehnten Jahrhundert nicht unbeträchtlich vor dem von der berühmten Kirchenversammlung ihm angewiesenen Datum ein. Es war von Wichtigkeit, diese Abweichung

nicht weiter wachsen zu lassen, denn schließlich würde ein Fest mitten in den Sommer gefallen sein — das Osterfest — dessen Feier den kirchlichen Vorschriften gemäß immer um eine nach den Umständen veränderliche Anzahl Tage nach dem 21. März folgen sollte, aber in den äußersten Fällen nicht nach dem 25. April eintreten konnte. Als die einzige Auskunft, um den gedachten Zweck zu erreichen, bot sich eine Abänderung der julianischen Schaltregel dar.

Der Cardinal Petrus de Alliaco (d'Ailly) schlug im Jahre 1414 dieses Mittel dem Concil von Constanz und dem Pabste Johann XXIII. vor, auch schrieb der Cardinal Nicolaus Cusa um die nämliche Zeit über den fraglichen Gegenstand. Früher schon hatte Roger Baco einen bestimmten Plan für die Kalenderreform ausgehen lassen. In der Absicht, diese Vorschläge zu prüfen, berief der Pabst Sixtus IV. den Astronomen Joh. Regiomontanus zu sich, allein der Tod des berühmten Mannes im Jahre 1476 bald nach seiner Ankunft in Rom, brachte neuen Aufschub in die schwierige Sache. Die Kirchenversammlung von Trident empfahl im Jahre 1563, bevor sie sich trennte, die Kalenderverbesserung dem Pabste ganz ausdrücklich. Endlich brachte es Gregor XIII. 1582 glücklich zur Aufstellung der ersehnten Reform, mit Unterstützung eines gelehrten Calabresen Namens Lilio.

Wir wiederholen: der Zweck dieser Reform sollte sein, die Länge des bürgerlichen Jahres dergestalt mit der des astronomischen in Einklang zu bringen, daß die Tage von gleichem Datum in den verschiedenen Jahren im Mittel dieselbe Temperatur darböten, daß also der Ackerbauer bei seinen Arbeiten sich beständig nach bestimmten Daten des bürgerlichen Jahres richten könnte.

Wie bereits erwähnt, betrug die Länge des julianischen Jahres 365¹/₄ Tage*), während das astronomische Jahr, oder die Zeit, welche die Sonne braucht, um zu demselben Punkt ihrer Bahn, etwa zum Frühlingsnachtgleichenpunkte wieder zurückzukehren, nur

*) Allerdings konnte es Cäsar's Mitarbeiter, Sosigenes, nicht unbekannt sein, daß bereits 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung Hipparch entdeckt hatte, daß das tropische Sonnenjahr etwas weniger als 365¹/₄ Tage enthält; vielleicht aber glaubte er die erst in den Tausendtheilen des Tages merkliche Abweichung vernachlässigen zu dürfen.

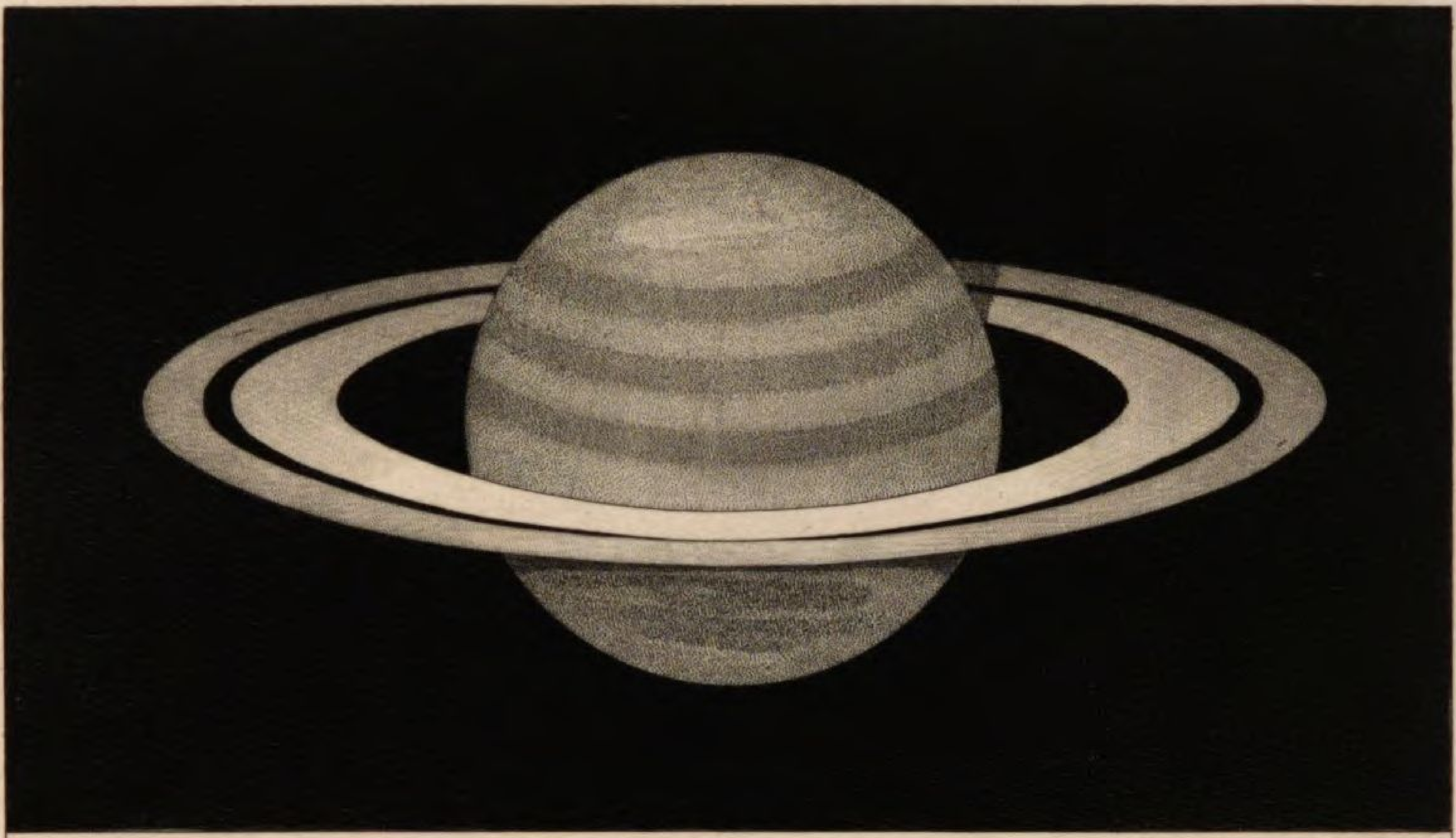


FIG. 346. Perspectivische Ansicht des Saturn und seines Ringes.

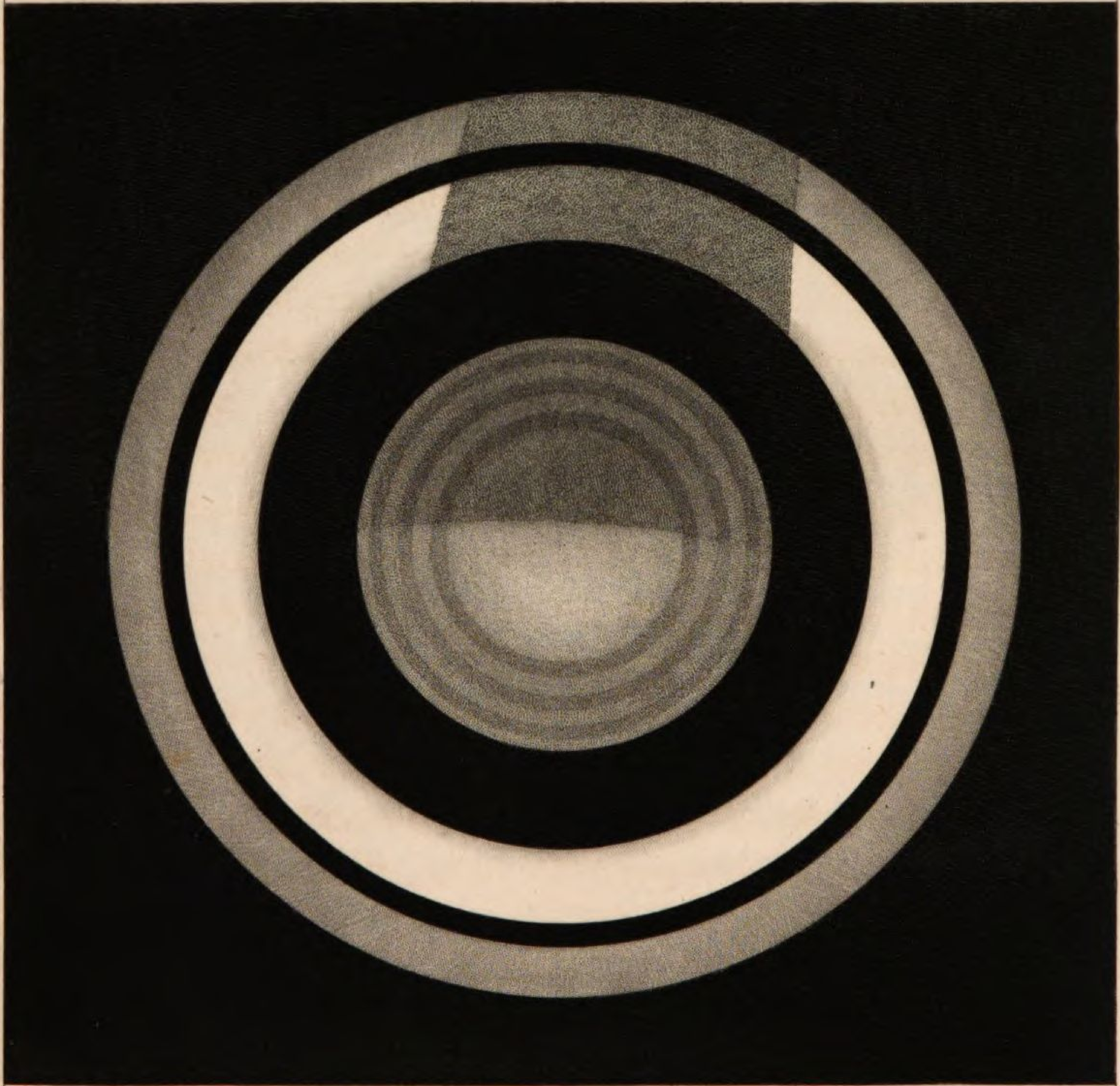
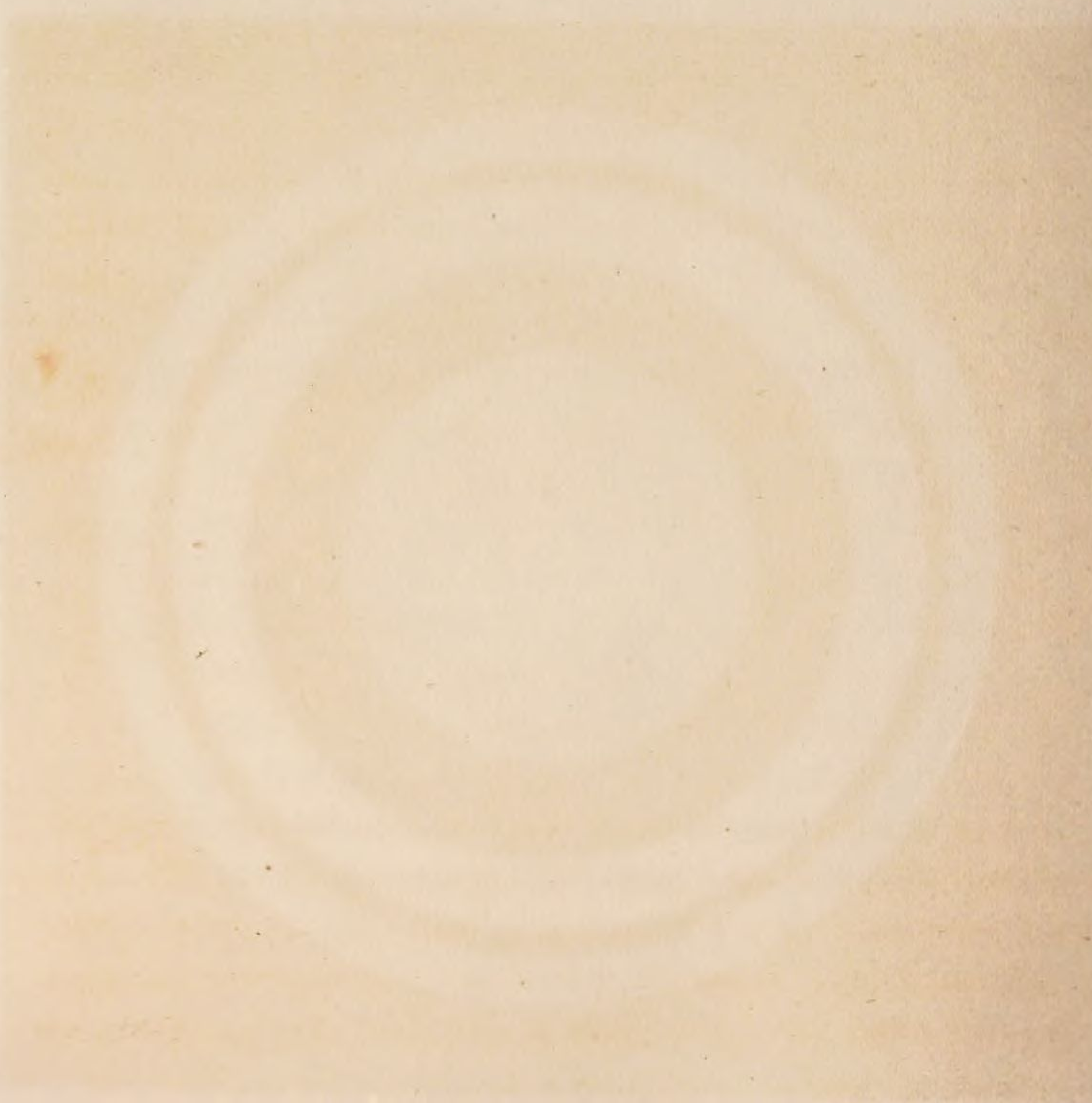


FIG. 347. Ansicht des Saturn und seines doppelten Ringes
für einen in der Verlängerung der Axe des Planeten befindlichen Beobachter.





365,242264 Tage umfaßt. Auf eine zu große Länge des Jahres gegründet, enthielt das julianische Einschaltungsverfahren eine zu große Anzahl von Schaltjahren. Die gregorianische Verbesserung mußte also das Ziel im Auge haben, und hat dasselbe erreicht, jene Anzahl auf eine regelmäßige Weise dergestalt zu verringern, daß man sich der Länge des wahren Sonnenjahres nach Möglichkeit annäherte.

Im julianischen Kalender ist jedes Jahr Schaltjahr, dessen Jahreszahl sich durch vier theilen läßt, folglich sind die sogenannten Säcularjahre, wie 1600, 1700, 1800, 1900 u. s. w. Schaltjahre, weil jede Zahl, deren Endziffern zwei Nullen sind, durch vier theilbar ist. Man kam also auf den Gedanken, solche Säcularjahre zu Gemeinjahren zu machen; allein damit wäre der entgegengesetzte Fehler begangen worden, und der verbesserte gregorianische Kalender hätte im Gegentheil zu wenig Schaltjahre enthalten. Diesen Fehler zu vermeiden, nahm man von den Säcularjahren nur diejenigen zu Schaltjahren, wo wiederum die Anzahl der Jahrhunderte ein Vielfaches von vier beträgt. Hiernach folgt auf je drei Gemeinjahre ein Schaltjahr und auf je drei gemeine Säcularjahre ein solches von 366 Tagen.

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß die julianische Schaltregel von der Vorschrift des Pabstes Gregor XIII. nur in den Säcularjahren abweichen kann. Das Jahr 1600 (oder 16 Jahrhunderte) ist in beiden Systemen ein Schaltjahr, während die julianischen Schaltjahre 1700, 1800, 1900 Gemeinjahre im gregorianischen Kalender sind. Dagegen wird das Jahr 2000 sowohl im julianischen wie im gregorianischen Kalender 366 Tage zählen, weil 20 durch 4 aufgeht, u. s. w.

Um zu entscheiden, ob ein gegebenes Säcularjahr ein Schaltjahr ist oder nicht, hat man ein sehr einfaches Verfahren zu befolgen: man lasse auf der rechten Seite der fraglichen Jahreszahl die beiden Nullen fort, und untersuche, ob die übrig bleibenden Ziffern durch vier theilbar sind oder nicht: im ersten Falle ist das Jahr ein Schaltjahr, im letzten ein Gemeinjahr.

Untersuchen wir jetzt, mit welchem Grade von Genauigkeit die

vom gregorianischen Kalender vorausgesetzte Jahreslänge sich der Länge des astronomischen Jahres nähert. In der Wirklichkeit bestehen 10000 Jahre aus 3652422,64 Tagen, während sie im julianischen Kalender 3652500 Tage enthalten.

Es ergibt sich somit ein Unterschied von 77,36 Tagen zwischen der wahren Dauer von 100 Jahrhunderten und ihrer Länge nach dem julianischen Kalender.

Der letztere schrieb folglich eine zu große Anzahl von Schaltjahren vor, und es kam darauf an, ihre Zahl zu vermindern. Der sich zuerst darbietende Gedanke bestand, wie bereits bemerkt, darin, alle die Schaltjahre wegzulassen, welche auf Säcularjahre fallen, d. h. auf solche Jahre, deren Jahreszahl eine runde Anzahl von Jahrhunderten ausdrückt. In 10000 Jahren aber, oder in 100 Jahrhunderten, kommen 100 Säcularjahre vor; zieht man also 100 von 3652500 ab, so bleiben nur 3652400 Tage übrig, welche Zahl um 22,64 Tage kleiner ist als die von den Astronomen gefundene Länge von 10000 Jahren. Wollte man also die julianische Schaltregel durch Weglassung aller auf ein Säcularjahr fallenden Schaltjahre corrigiren, so würde man zuviel weglassen. Man verfiel deshalb auf die Auskunft in jedem vierten Säcularjahre das Schaltjahr wieder herzustellen, das zu viel weggenommen worden wäre. Statt 100 Schaltjahre fortzulassen, versuchte man eine genügendere Annäherung an die Länge des astronomischen Jahres dadurch zu erzielen, daß man von den Schaltjahren des julianischen Kalenders nicht mehr 100, sondern 100 weniger den vierten Theil von 100, oder 75, wegließ. Damit ergeben sich für 10000 Jahre 3652425 Tage, so daß in 100 Jahrhunderten zwischen dem astronomischen und dem gregorianischen Jahre nur eine Differenz von 2,36 Tagen entsteht.

Mit anderen Worten, nach Verlauf von 10000 Jahren wird die mittlere zu Anfang der Periode beispielsweise dem 21. März entsprechende Temperatur zwei bis drei Tage früher, etwa den 18. März stattfinden. Demnach würden die Feldarbeiten, selbst wenn man eine strenge Fixirung derselben auf bestimmte Tage voraussetzt, nach 100 Jahrhunderten eine Verschiebung um nicht mehr als um zwei bis drei Mal vierundzwanzig Stunden erleiden, und man darf sagen, daß die

gregorianische Reform mit aller erforderlichen Genauigkeit dem Zwecke genügt, welchen jedes Einschaltungssystem sich vorzusetzen hat.

Hierzu kommt, daß die erklärte Schaltvorschrift auf sehr einfachen Regeln beruht, und deßhalb einen beliebigen in gregorianischen Jahren ausgedrückten Zeitraum leicht in Tage umzuwandeln gestattet.

Als im Jahre 1582 die gregorianische Verbesserung ins Leben treten sollte, begnügte man sich nicht für die Bedürfnisse der Zukunft zu sorgen, sondern man wollte die Dinge nach Möglichkeit wieder auf den Stand zurückführen, in welchem sie zur Zeit des nicäischen Concils gewesen waren. Da nun der von den Prälaten jener Kirchenversammlung auf den 21. März angesetzte Eintritt der Frühlingsnachtgleiche mittlerweile vorgerückt war und bereits am 11. März stattfand, so entschloß man sich zehn Tage fortzulassen und den auf den vierten October, den Tag des heiligen Franz folgenden Tag, statt des fünften, den 15. October zu nennen. Dieß ist der Ursprung der anfänglichen Differenz von zehn Tagen, welche lange Zeit hindurch zwischen den Ländern, wo die gregorianische Reform eingeführt war, und den protestantischen oder den der griechischen Kirche unterworfenen Gegenden in Bezug auf die Zeitrechnung bestand. Diese Differenz unterscheidet den alten Stil des christlichen Kalenders vom neuen. Da das Jahr 1600 gleichzeitig im julianischen wie im gregorianischen Kalender ein Schaltjahr war, so blieb jener zehntägige Unterschied im Laufe des ganzen siebzehnten Jahrhunderts unverändert, dagegen stieg er nach den oben gegebenen Regeln um einen Tag im Jahre 1700 und um einen zweiten im Jahre 1800, so daß die Abweichung gegenwärtig 12 Tage beträgt, um welche die Zeitrechnung der Russen, die den julianischen Kalender beibehalten haben, hinter der der übrigen europäischen Völker zurücksteht.

Trotz ihrer unbestreitbaren Vorzüge fand die gregorianische Reform keineswegs unmittelbar und ohne Widerstand Eingang, selbst nicht in den katholischen Ländern. „Die Protestanten,“ so drückt sich ein gelehrter Schriftsteller aus, „wollten lieber in Nichtübereinstimmung mit der Sonne, als in Uebereinstimmung mit dem römischen Hofe sein.“

Scaliger trug durch seine Kritik und mehr oder minder gegründe-

ten Ausstellungen nicht wenig zur Abneigung der nicht katholischen Länder vor der Einführung der gregorianischen Verbesserung bei.

In Rom trat die Reform dem päbstlichen Decrete gemäß mit dem 5 — 15. October 1582 ins Leben.

In Frankreich am 10. — 20. December des nämlichen Jahres 1582.

In Deutschland erfolgte die Annahme seitens der katholischen Länder im Jahre 1583 infolge der dringenden Verwendung von Rudolf II., die Protestanten ließen sich erst am 19. Februar — 1. März 1700 dazu bewegen.

Dänemark, Schweden (?) und die Schweiz folgten dem Beispiele Deutschlands, allein einige helvetische Gemeinden leisteten so hartnäckigen Widerstand, daß man Strafen und die bewaffnete Macht zu Hülfe nehmen mußte, um die Einführung durchzusetzen.

Polen nahm die Reform im Jahre 1586 an, trotz einer in Folge der Einführung zu Riga entstandenen aufrührerischen Bewegung.

In England entschloß man sich erst den 3. — 14. September 1752 zum Aufgeben des alten Stils, dessen Differenz mit dem neuen auf 11 Tage gestiegen war, weil das Jahr 1700 als Schaltjahr nach dem julianischen Kalender und als Gemeinjahr nach dem gregorianischen gerechnet wurde.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Vom Anfang des Jahres.

Bei den Völkern, wo das Jahr aus 354 oder 355 Tagen bestand und allein nach dem Mondlaufe sich richtete, mußte der Jahresanfang der Reihe nach auf alle Jahreszeiten fallen. Es hat daher wenig Interesse zu untersuchen, welches die ersten Monate dieser Mondjahre gewesen sind.

In den uns näherliegenden Zeiten haben für den Anfang

des Sonnenjahres fünf verschiedene Hauptzählungsarten Geltung gehabt.

Einige fingen das Jahr mit dem 25. December, d. i. mit Weihnachten, dem Geburtstage Jesu Christi an.

Andere wählten den 1. Januar, wie heutzutage allgemein geschieht.

Ferner galt der 1. März eine Zeitlang für den ersten Tag des Jahres.

Auch der Tag der Verkündigung Mariä, der 25. März wurde als Jahresanfang gebraucht.

Endlich ist der erste Osterfeiertag, obgleich Ostern ein bewegliches Fest ist und auf jeden Tag zwischen dem 22. März und dem 25. April fallen kann, bei einigen Völkern zum Anfang des Jahres genommen worden.

Beispiele für die angeführten Tage enthält folgende Tafel.

Jahresanfang zu Weihnachten:	In Frankreich, zur Zeit Karl's des Großen.
Der 1. Januar	In Deutschland gebräuchlich um 1500; in Frankreich vorgeschrieben durch ein Edict Karl's IX. im Jahre 1563; in England eingeführt zu Anfang 1752.
Der 1. März:	In Frankreich, um das Jahr 755.
Der 25. März:	In England bis zum Jahr 1752.
Ostern:	Als Jahresanfang in Frankreich gebräuchlich unter den Kapetingern, fast allgemein im 12. u. im 13. Jahrhundert.

Die nämliche Parlamentsacte, durch welche in England der gregorianische Kalender an der Stelle des julianischen eingeführt wurde, verkürzte das Jahr 1751 um ein Viertheil seiner Länge. Wie die vorhergehenden Jahre hatte das Jahr 1751 in England mit dem 25. März begonnen; folglich hätte man erst vom 25. März an die Jahreszahl ändern dürfen, allein man rückte das neue Jahr fast drei Monate vor, um mit den Völkern des Continents in Uebereinstimmung zu kommen.

Man ließ also das englische Jahr 1751 nicht ablaufen, sondern zählte 1752 vom 1. Januar 1751 an, so daß die ganzen Monate Januar und Februar nebst den 24 ersten Tagen des März für das Jahr 1751 verloren gingen. Hieraus erklärt sich, wie Lord Chesterfield, der die Bill eingebracht, beinahe ein Opfer der Aufregung des Volks geworden wäre, und warum man ihn überall mit den Worten verfolgte: gib uns unsere drei Monate wieder! Man hätte sich vielleicht darein gefunden, die 11 Tage zu verlieren, welche im September 1752 weggelassen wurden, aber wenig Leute mochten es sich gefallen lassen, selbst wenn es nur zum Scheine war, plötzlich um drei Monate älter zu werden.

Aus der erwähnten Aenderung zu Anfang 1752 erklärt sich das doppelte Datum, welches man in vielen englischen aus den Monaten Januar, Februar, März jenes Jahres stammenden Schriftstücken findet. So bedeutet z. B. der 15. Februar $\frac{1751}{1752}$ den 15. Februar 1751 alten Stils, d. h. nach der alten Sitte, das Jahr mit dem 25. März zu beginnen, dagegen den 15. Februar 1752 neuen Stils, wenn man sich der vom Parlament verordneten Zählungsweise bedient, nach welcher der Jahresanfang auf den 1. Januar verlegt ward.

Als es Gebrauch war, das Jahr mit dem Osterfeste zu beginnen, erhielten die Jahre natürlicherweise verschiedene Länge, und es konnte z. B. vorkommen, daß fast zwei ganze Monate April auf ein und dasselbe Jahr fielen. So begann das Jahr 1347 mit dem 1. April und schloß erst am folgenden Osterfeste den 20. April (1348); folglich hießen im Jahre 1347 zwei Tage 1. April, zwei 2. April, zwei 3. April u. s. w. bis zum 19. April!

Die Griechen hatten erst wie die Engländer den 25. März als Jahresanfang, wählten aber später den 1. September, welcher Tag bei den Russen bis zur Regierung Peter's des Großen in Gebrauch blieb. Seitdem haben die Russen ihr Jahr mit dem 13. Januar unseres Jahres begonnen.

Lange Zeit widerstrebte die Kirche einen Tag zum Neujahrstag zu nehmen, der den Namen einer heidnischen Gottheit, des Janus trug; indessen fand man es schließlich doch bequemer, den ersten Tag

des Jahres auf den ersten Tag eines Monats zu verlegen, und so trat der 1. Januar an die Stelle des 25. Decembers in Frankreich, Spanien, Italien, Deutschland, England, Amerika, u. s. w.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Vom Jahresanfang im republikanischen Kalender.

Nach dem im Jahre 1793 eingeführten republikanischen Kalender sollte der Anfang des Jahres sich von dem Jahrestage der Proclamation der Republik nur wenig entfernen. Das Herbstäquinoctium tritt im Laufe der vierundzwanzig Stunden eines bestimmten Tages ein; diesen Tag, von Mitternacht an gerechnet, nannte man den 1. Vendémiaire, und machte ihn zum ersten Tage des republikanischen Jahres.

Die Astronomen sollten den Augenblick der Nachtgleiche mit Hülfe der besten vorhandenen Tafeln berechnen, und der Anfang des Jahres dieser Bestimmung gemäß durch ein besonderes Decret festgesetzt werden.

Für diejenigen Jahre, welche einen sechsten Ergänzungstag erhalten mußten, war der Anfang folglich nicht im Voraus gegeben. Als man im Jahre 1806 den republikanischen Kalender wieder aufgab, um zu dem Kalender Julius Cäsar's mit der Verbesserung von Gregor XIII. zurückzukehren, wurde sehr richtig hervorgehoben, daß wenn das Herbstäquinoctium sehr nahe um Mitternacht pariser Zeit eintreten sollte, der gewissenhafteste Rechner, mit Rücksicht auf die kleinen Ungenauigkeiten, welche die besten Tafeln mit sich führen, nicht mit Sicherheit entscheiden könnte, ob die Sonne auf ihrem Wege von Norden nach Süden in der That vor oder nach jenem Augenblicke durch die Ebene des Aequators hindurchgehen würde. In einem solchen Falle wäre man also um einen ganzen Tag über den Anfang des Jahres in Zweifel.

Delambre hat bemerkt, daß den bekannten Tafeln zufolge der erste Tag des Jahres 144 der republikanischen Aera ungewiß bleiben würde[9]).

Indem die Gründer des republikanischen Kalenders den Jahresanfang von einer auf den Meridian von Paris bezüglichen Rechnung abhängig machen wollten, hätten sie bei geringer Kenntniß des menschlichen Herzens und der eingewurzelten Nationalitätsgefühle, aus diesem Grunde allein schon voraussehen können, daß ihr Kalender keine allgemeine Annahme finden würde.

Hatten sie nicht bereits die unüberwindlichen Schwierigkeiten vor Augen, welche sich einstellten, als es sich im Interesse der Wissenschaft darum handelte, daß die verschiedenen Nationen sich zur Zählung der geographischen Längen in Bezug auf einen und denselben Meridian vereinigen sollten?

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Von den Olympiaden und Lustren.

Die Griechen hatten für die Zeit eine Abtheilung in Perioden, welche zwischen dem Jahr und dem Säculum lagen, und bezeichneten mit dem Namen Olympiade einen vierjährigen Cyclus, abgesehen davon, ob derselbe Schaltjahre enthielt oder nicht.

Die Römer zählten sehr frühzeitig nach Lustren. Unter Lustrum scheint man nach den gelehrten Forschungen Daunou's anfänglich einen Complex von vier Jahren, wie die Olympiaden, verstanden zu haben: erst später wurde das Lustrum fünfjährig. Der letztere Werth wird von den Neuern allgemein angenommen.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Von den Indictionen (Römerzinszahl).

Die Etymologie(?) des Wortes Indiction ist nicht genau bekannt; man weiß nur, daß dieser Ausdruck gebraucht wurde, um die unter Constantin von den Tribunalen zugestandenen Fristen zu bezeichnen.

Unter Indiction begreift man eine Periode von fünfzehn julianischen

Jahren, nach welcher die Geschichtsschreiber und die Chronologen zuweilen die Daten der Ereignisse gerechnet haben.

Man weiß nichts Gewisses über den Gründer der Indictionen; die sehr verbreitete Vorstellung, daß Constantin sie eingeführt habe, um die Zählung nach der heidnischen Eintheilung der Olympiaden nicht fortzusetzen, entbehrt gleichwohl einer sicheren Begründung.

Nur soviel läßt sich mit Sicherheit sagen, daß diese Zählungsweise weder vor Constantin noch nach dem fünften Jahrhundert entstanden sein kann. Der fünfzehnjährige Indictionscyclus hatte nicht etwa den Zweck, die Bewegungen der Sonne und des Mondes in Uebereinstimmung zu bringen, sondern ist einfach eine rein conventionelle Periode, deren Länge zwischen die griechischen Olympiaden und die römischen Lustra einerseits und das Säculum andererseits fällt.

Bei der Rechnung nach Indictionen wird vorausgesetzt, daß dieser Cyclus drei Jahre vor unserer Zeitrechnung begonnen habe, indessen muß bemerkt werden, daß der Anfang nicht beständig auf dasselbe julianische Datum fällt, woraus kleine Unterschiede in den Resultaten hervorgehen. Mit Gregor VII. haben die Päbste den Beginn dieser Periode auf den 1. Januar des Jahres 313 festgesetzt, und die auf diese Epoche bezüglichen Angaben werden römische Indictionen genannt, bis zu Ende 1842 sind 102 fünfzehnjährige Cyclen verflossen; der 103te hat 1843 begonnen und schließt mit dem Jahre 1857.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Das Säculum.

Das Säculum oder Jahrhundert ist die größte Summe von Jahren, deren sich das Publikum, die Astronomen und die Chronologen für die Eintheilung der Zeit im Allgemeinen zu bedienen pflegen.

Das Wort Saeculum hat nicht immer die nämliche Bedeutung gehabt. Bei den Römern unterschied man die natürlichen

Säcula in Beziehung zum menschlichen Leben, und die bürgerlichen Säcula. Die ersteren werden von den verschiedenen Schriftstellern zu 25, zu 30, zu 112 und zu 116 Jahren angegeben.

Plinius nennt eine Periode von 30 Jahren ein Saeculum.

Auch die bürgerlichen Säcula haben nicht bei allen Autoren gleiche Länge; Horaz nimmt sie zu 110 Jahren an.

Gegenwärtig bezeichnet man durch Säculum (oder Jahrhundert) allgemein ohne Zweideutigkeit eine Periode von 100 Jahren [10]).

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Von den Aeren.

Obgleich die Wahl der Aeren in den seltensten Fällen aus astronomischen Gründen hervorgegangen ist, will ich doch einige Worte darüber sagen, weil das Wort Aera unvermeidlich in allen Kalendern vorkommt.

Die wahre Etymologie des Wortes Aera ist sehr streitig: Einige leiten es aus dem Griechischen, Andere aus dem Lateinischen her, noch Andere suchen seinen Ursprung in der arabischen Sprache. Man hat selbst behaupten wollen, aera sei aus den vier Anfangsbuchstaben der Formel ab exordio regni Augusti, (seit Anfang der Regierung des Augustus), abgekürzt A. E. R. A., entstanden.

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Von der Weltaera.

Der Gedanke, eine Aera aufzustellen, welche mit der Erschaffung der Welt zusammenfiele und des Uebelstandes überhöbe, für sehr frühe Ereignisse zu rückwärts gezählten Perioden seine Zuflucht zu nehmen, war sehr natürlich. Er entstand im Schooße der christlichen

Kirche, wenn nicht im apostolischen Zeitalter, doch zu einer sehr frühen Zeit. Unglücklicherweise aber bieten der hebräische Urtext der Bibel, der samaritanische Text und die griechische Uebersetzung der Septuaginta zahlreiche Varianten dar. Hieraus entstanden sehr beträchtliche Unterschiede in den darauf gegründeten Berechnungen, oder wenn man lieber will, in den phantastischen Combinationen derjenigen, welche sich mit der Feststellung dieser Aera der Welt abgegeben haben.

Nach Julius Africanus geht die sogenannte alexandrinische Weltaera vor der christlichen Zeitrechnung zurück auf das Jahr	5500 v. Chr.
Der Autor der antiochenischen Aera, der Mönch Panodoros, setzt den Anfang der Welt auf das Jahr	5493 „ „
Die sogenannte byzantinische oder constantinopolitanische Weltaera der Griechen entspricht dem Jahre	5509 „ „
Scaliger leitete aus seinen Untersuchungen her das Jahr	3950 „ „
Der Pater Pezron fand	5873 „ „
Usher (Usserius) gab die Zahl	4004 „ „

Die letzte Angabe ist die von Bossuet und Rollin angenommene.

Wir verzichten darauf, die obige Tafel weiter fortzusetzen: wir könnten gegen zweihundert verschiedene Hypothesen anführen, die man bei der Zählung nach Jahren der Welt zu Grunde gelegt hat.*)

Achtundzwanzigstes Kapitel.

Von der olympischen Aera.

Die am allgemeinsten angenommene Aera der Olympiaden beginnt mit dem Jahre 776 vor Christi Geburt. In diesem Jahre war

*) Der jüdische Geschichtsschreiber Josephus setzte die Erschaffung der Welt auf das Jahr 4163 vor unserer Zeitrechnung; andere jüdische Autoren vergrößern das Alter der Welt bis auf 6524 Jahre vor der christlichen Aera.

Koröbos Sieger in den olympischen Spielen, welche der Sage nach von Hercules gestiftet und seit langer Zeit unterbrochen gewesen waren.*) Von der Wiederaufnahme der Spiele im Jahre 776 an datirte die feierliche Eintragung der Namen der Sieger in die officiellen Register.

Die erste Olympiade begann $775^1/_2$ Jahre vor Christi Geburt; man erhält folglich die einem beliebigen Olympiadenjahre entsprechende Jahreszahl, wenn man zum Datum des christlichen Jahres 776 hinzufügt; das Jahr einer Olympiade beginnt im Julius.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Die Aera von der Gründung Roms.

Diese Aera bedarf keiner näheren Erklärung. Wenn man sich der Ansicht Varro's über ein Ereigniß, dessen Datum der Natur der Sache nach sehr ungewiß sein muß, anschließen will, so ergibt sich, wie von den Neueren ziemlich übereinstimmend angenommen wird, daß Rom 753 Jahre vor Christi Geburt gegründet worden ist. Unsere Zeitrechnung begann also mit dem 754sten Jahre nach Erbauung Roms (ab urbe condita), und um ein gregorianisches Datum auf diese Aera zu reduciren, muß man die Jahreszahl um 753 vergrößern.

Dreißigstes Kapitel.

Von der Aera des Nabonassar.

Die nabonassarische Aera begann im Jahre 747 vor Christi Geburt. Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, daß diese Aera zur Bezeichnung des Datums irgend eines in socialer, politischer oder militärischer Beziehung wichtigen Ereignisses aufgestellt worden sei.

*) Dieser Koröbos, seines Zeichens ein Koch, trug den Preis im Wettlaufe davon.

Nichts beweist, daß die Gründung der babylonischen Herrschaft, mit einem der Trümmer des assyrischen Reiches nach dem Tode Sardanapal's, dem Nabonassar zugeschrieben werden müsse, so wenig als man Grund hat, diesen Fürsten als das Haupt oder den Begründer einer neuen Dynastie anzusehen, oder die Einführung des ägyptischen Jahres in Chaldäa an seinen Namen zu knüpfen. Nabonassar war ein uns unbekannter König, berühmt geworden erst durch die alten Astronomen und insbesondere durch Ptolemäus, welcher die seinen Namen tragende Aera zum Ausgangspunkte seiner Rechnungen wählte. Man erhält die Beziehung zwischen einem gregorianischen und einem nabonassarischen Jahre, indem man 747 zum Datum unseres Jahres hinzufügt.

Einunddreißigstes Kapitel.

Von der christlichen Aera.

Länger als fünf Jahrhunderte hindurch hatten die Christen keine eigenthümliche Zeitrechnung. Die christliche Aera ward zum ersten Mal im Jahre 532 von einem aus Scythien gebürtigen Mönche der römischen Kirche, dem Abt Dionysius, vorgeschlagen, der seines kleinen Wuchses halber den Beinamen Eriguus führte.

Dieser Dionys der Kleine nahm also an, daß Jesus Christus in die Welt gekommen sei am 25. December des römischen Jahres 753, und setzte das darauffolgende Jahr, 754 a. u. c. als das erste Jahr der dionysischen Aera fest. Selbst nach den Vorstellungen des Dionysius war demnach dieses erste Jahr nicht das der Geburt des Heilandes, vielmehr begann es erst 7 Tage nach dem angenommenen Datum.

Zweiunddreißigstes Kapitel.

Von der mohammedanischen Zeitrechnung oder der Aera der Hedschra.

Die Hedschra oder Hegira entspricht dem Jahre 622 nach Christi Geburt.

Das Wort Hedschra bedeutet Flucht, weil die Epoche der mohammedanischen Aera mit dem 16. Juli 622 beginnt, an welchem Tage Mohammed von Mekka nach Medina geflohen sein soll. Auf den ersten Blick kann es auffallend erscheinen, daß gerade diese Begebenheit als der Gipfelpunkt aus dem Leben des Propheten ausgewählt worden ist; allein wie Voltaire richtig bemerkt, Mohammed war nie größer, als zu der Zeit, wo er heute flüchtig, den Tag darauf als Eroberer auftrat.

Da das muselmännische Jahr ganz auf den Mondlauf basirt ist, so läßt sich ein beliebiges Datum nur vermittelst ziemlich verwickelter Rechnungen durch Jahre der Hedschra ausdrücken, zu welchem Zwecke man eigene Hülfstafeln construirt hat.

Dreiunddreißigstes Kapitel.

Von der Aera des republikanischen Kalenders.

Die Schöpfer des neuen Kalenders, der in Frankreich dreizehn Jahre lang in Gebrauch gewesen, nahmen das Datum der Gründung der Republik, den 22. September 1792, zum Ausgangspunkte der republikanischen Aera.

Vierunddreißigstes Kapitel.

Von den beweglichen Festen des Kalenders der christlichen Kirche. — Bestimmung des Osterfestes.

Man pflegt Computisten oder Festrechner diejenigen zu nennen, welche sich auf die für den Kirchenkalender erforderlichen Rechnungen verstehen.

Die hauptsächlichsten kirchlichen Feste richten sich nach der Bewegung des Mondes, und sind deshalb bewegliche Feste, d. h. sie entsprechen in den verschiedenen Jahren nicht dem nämlichen Datum.

Da die Auferstehung des Herrn bald nach der Frühlingsnachtgleiche erfolgt war, so wollte man Ostern in der Nähe jener astronomischen Erscheinung feiern.

Der Auferstehung ging ein Vollmond voran: deshalb erschien es zweckmäßig, die Bestimmung des Ostertages von dem Laufe unseres Satelliten abhängig zu machen.

Das Verfahren für die Bestimmung des Osterfestes in einem gegebenen Jahre ist folgendes. Zuvörderst wird angenommen, daß das Aequinoctium alljährlich am 21. März eintritt; hierauf sucht man den Tag des ersten auf die Nachtgleiche folgenden Vollmondes, und setzt Ostern auf den nächsten Sonntag nach diesem Vollmonde. Daraus folgt, daß Ostern nicht früher als den 22. März eintreffen kann, denn nach der eben erklärten Regel soll der erste Sonntag nach dem Vollmonde gewählt werden, wenn dieser Vollmond am 21. März oder nach demselben stattfindet.

Für die andere Grenze, oder den spätesten Termin, an welchem Ostern überhaupt gefeiert werden kann, ergibt sich der 25. April; in der That wird der Ostervollmond erst am 18. April eintreten, wenn zufällig am 20. März, also unmittelbar vor dem Aequinoctium, Vollmond gewesen ist, und fällt der 18. April gleichzeitig auf einen Sonntag, so kann Ostern erst eine Woche später, also am 25. April gefeiert werden. Am 22. März ist Ostern gefeiert worden in den Jahren 1598, 1693, 1761, 1818 und wird wieder auf diesen Tag fallen im Jahre 2285; dagegen war der 25. April Ostersonntag 1666, 1734 und wird es künftig sein 1886, 1943, 2038, 2190 u. s. f.

Zwischen den Grenzen des 22. März und 25. April (inclusive) liegen 35 verschiedene Tage, an denen Ostern möglicherweise eintreten kann.

Folglich können auch die übrigen beweglichen Feste, deren Stellung im Jahre stets durch eine bestimmte Anzahl Tage von Ostern unterschieden ist, wie Himmelfahrt, Pfingsten, das Fest der Dreieinig-

keit, das Frohnleichnamsfest, u. s. w., innerhalb eines Zeitraums von 35 Tagen variiren.

Zu der Zeit, als die Regeln für die Bestimmung des Osterfestes zuerst aufkamen, ging man, wie spätere Beobachtungen dargethan haben, von mangelhaften Vorstellungen über die Bewegung von Sonne und Mond aus; nichtsdestoweniger geschieht noch jetzt die Berechnung des Frühlingsvollmondes jenen unvollkommenen Ansichten gemäß, indem man wie später gezeigt werden soll, gewisse auf die güldene Zahl, die Epacten u. s. w. gegründete Perioden zu Hülfe nimmt.

Dieser conventionelle Ostervollmond, die sogenannte Ostergrenze (Terminus paschalis) kann einen oder zwei Tage früher oder später eintreffen, als der Zeitpunkt der wahren oder mittleren astronomischen Opposition von Mond und Sonne. Nicht selten hat das große Publikum, aus Unkenntniß, daß das Osterfest sich nach einem künstlichen, eingebildeten Vollmonde statt nach der wahren Phase richtet, in diesem Umstande Grund zur Beschwerde gesucht, und die Astronomen der Unwissenheit oder wenigstens der Unaufmerksamkeit geziehen, welche dem klaren Augenschein zuwider ungeschickter Weise die Ursache sein sollten, weshalb Ostern zuweilen einen Monat zu spät gefeiert würde. Indessen haben wie gesagt die Astronomen mit diesen Fehlern, oder besser mit diesen Abweichungen, Nichts zu schaffen.

So hätte z. B. nach dem wahren Mondlaufe Ostern im Jahre 1798 auf Sonntag den 1. April fallen sollen, statt dessen wurde es erst den folgenden Sonntag gefeiert. Eben so würde 1818 das Osterfest am 29. März eingetreten sein, wenn man den Mond wirklich beobachtet hätte, wogegen der cyclisch berechnete Vollmond den 22. März ergab [11]).

Man wirft oft die Frage auf, ob es nicht natürlicher gewesen wäre, den wahren Mond statt eines mittleren zur Richtschnur zu nehmen?

Die Bestimmung des Zeitpunktes, wann nach der Theorie der wahre Mond neu oder voll ist, hängt von den astronomischen Tafeln ab, welche man der Berechnung zu Grunde legt, und welche selbst beständig mehr vervollkommnet werden. Es könnte folglich der Fall eintreten, daß ein aus gewissen Tafeln gezogenes Resultat durch neue

Tafeln umgestoßen würde, so daß der Zeitpunkt für die Osterfeier sich im Voraus nicht mit Gewißheit hätte ermitteln lassen. Dieser Uebelstand dient vollständig zur Rechtfertigung dafür, daß man zur Berechnung des Osterfestes einen mittleren, cyclischen oder kirchlichen Mond gewählt hat.

Diesen triftigen Gründen läßt sich ein anderer hinzufügen, der in unseren Augen allerdings minder durchschlagend erscheint. Nach Clavius' Meinung durfte schon um deswillen die Feier des Osterfestes nicht von dem wahren Mondlaufe abhängig gemacht werden, weil alsdann das Fest mit dem Passah der Juden zusammenfiele, was sich nicht ziemen würde.

Die zahllosen Complicationen in der kirchlichen Festrechnung rühren daher, daß man sich nicht ausschließlich an das Sonnenjahr halten wollte. Indessen hätte die Kirche (wie selbst Clavius nicht umhin kann einzuräumen) das Recht gehabt, bei der Reform des Jahres 1582 dem Osterfeste seine Beweglichkeit zu nehmen und es unveränderlich etwa auf den ersten Sonntag im April festzusetzen.

Es kann hier nicht unseres Amtes sein, eine Erörterung der Formeln zu geben, mittelst deren z. B. Gauß den Tag zu berechnen gelehrt hat, auf welchen, den Vorschriften der Kirche gemäß, in einem bestimmten Jahre das Osterfest trifft [12]. Diese Rechnungen sind bereits mit Sicherheit für eine sehr große Reihe von Jahren ausgeführt; eine Wiederholung derselben würde folglich keinen andern Zweck haben, als die Neugierde des Rechners zu befriedigen.

Fünfunddreißigstes Kapitel.

Von der Anwendung der güldenen Zahl zur Bestimmung des Datums der kirchlichen Feste.

Wir haben bereits oben (13. Kapitel, S. 542) des einfachen Verhältnisses gedacht, welches Meton zwischen der Dauer des astronomischen Jahres und dem Verlaufe der Lunationen aufstellen zu können glaubte. Wir sahen, daß nach Meton 19 astronomische Jahre

mit 235 synodischen Mondmonaten eine gleiche Anzahl Tage enthielten, so daß nach dem Ablaufe von je neunzehn Jahren alle Mondphasen an denselben Tagen des Sonnenjahres, an den Tagen vom nämlichen Datum, wiederkehren sollten.

Angenommen nun, man theile mit Meton die Zeit in lauter neunzehnjährige Perioden, und es treffe in einer dieser Perioden der Vollmond z. B. auf den 3. März des fünften Jahres, so wird auch in allen folgenden Perioden der Mond jedesmal am 3. März des fünften Jahres voll sein, und analog verhält es sich mit den übrigen Phasen. Es wird demnach ausreichen, im Verlaufe einer einzigen, beliebigen Ausgangsperiode von 19 Jahren diese Phasen zu beobachten, um im Stande zu sein, dieselben für jede andere Periode von gleicher Dauer, und in beliebigem Abstande von der erst angenommenen, mit Sicherheit vorherzusagen.

Die Zahlen der ersten Periode und die entsprechenden aller übrigen werden g ü l d e n e Z a h l e n genannt.

Die güldenen Zahlen gehen also von 1 bis 19 inclusive.

Mit Hülfe dieser güldenen Zahlen und unter Zugrundelegung von Mondbeobachtungen, welche in einer neunzehnjährigen Ausgangsperiode angestellt worden waren, bestimmte man vor der Kirchenversammlung von Nicäa die Mondphasen für ein beliebiges Jahr. Man war übereingekommen, den ersten Tag im ersten Jahre einer Meton'schen neunzehnjährigen Periode einem Neumonde entsprechen zu lassen. Die Cyclen, auf welche die Kirche ihre Rechnung gegründet hat, bilden nicht die Fortsetzung der früher angewandten Perioden, sondern zwischen beiden Reihen findet sich eine Lücke.

Sechsunddreißigstes Kapitel.

Die Epacten (Mondzeiger). — Die kirchliche Festrechnung.

Das Wort E p a c t e kommt von einem griechischen Worte, welches etwas Hinzugefügtes, einen Ueberschuß bezeichnet, und hat dieselbe Wurzel mit Epagomenen.

Zur Zeit des nicäanischen Concils ersann man für die Berechnung des Neumondes, und folglich auch desjenigen Vollmondes, nach dessen Eintreffen sich die Feier des Osterfestes richtet, ein eigenthümliches Verfahren. Der Zweck desselben war, der Berücksichtigung früherer Beobachtungen des Mondes überhoben zu sein, welche bei Anwendung der Meton'schen oder auf die güldenen Zahlen gegründeten Methode erfordert wurden; — das neue Verfahren heißt die Epactenrechnung.

Wenn das Alter des Mondes am ersten Tage eines Jahres bekannt ist, so kann man leicht alle diejenigen Tage desselben Jahres bestimmen, an denen der Mond neu oder voll ist. Für die Anwendung im kirchlichen Kalender genügt es also, das Alter des Mondes am ersten Januar jedes Jahres zu wissen, und dieses Alter nennt man die Epacte.

Ueber die Bestimmung der Epacten setzte das Concil zu Nicäa Folgendes fest:

Wenn am Anfangstage des Jahres um Mitternacht Neumond stattfindet, so tritt auch Neumond ein am 355sten Tage desselben Jahres, weil zwölf Lunationen 354 Tage enthalten, und wenn außerdem das Jahr ein Gemeinjahr ist, so wird das Mondalter 11 Tage betragen, wenn das neue Jahr beginnt. Die Zahl XI ist folglich die Epacte des zweiten Jahres und dient weiter zur Bestimmung aller Neumonde in diesem Jahre.

Wiederum wird nach 12 Lunationen oder 354 Tagen das Alter des Mondes am 355sten Tage des zweiten Jahres 11 Tage sein; folglich ist 11 Tage später, oder zu Anfang des dritten Jahres, der Mond 22 Tage alt, und XXII wird die Epacte des dritten Jahres.

Am 355sten Tage des dritten Jahres wird das Mondalter abermals durch 22 ausgedrückt; zu Anfang des vierten, oder nach elf Tagen, erhält man folglich 33 Tage für das Mondalter, mit andern Worten, es läuft eine dreizehnte Lunation im verflossenen Jahre ab, und die Epacte des vierten Jahres wird III. Indem man auf dieselbe Weise stets 11 Tage zur Epacte eines Jahres hinzufügt und 30 abzieht, wenn die Summe diese Zahl übertrifft, so erhält man die Epacten aller folgenden Jahre des Cyclus. Die Reihenfolge der einer

neunzehnjährigen Periode oder dem Meton'schen Cyclus entsprechenden Epacten wird demnach:

Güldne Zahlen.	Epacten.
1	*
2	XI
3	XXII
4	III
5	XIV
6	XXV
7	VI
8	XVII
9	XXVIII
10	IX
11	XX
12	I
13	XII
14	XXIII
15	IV
16	XV
17	XXVI
18	VII
19	XVIII

Da vorausgesetzt worden ist, daß auf den ersten Tag des ersten Jahres des Meton'schen Cyclus ein Neumond fällt, so folgt, daß beim Uebergange von der neunzehnten Epacte eines Cyclus zur ersten Epacte des nächstfolgenden Cyclus nicht 11 sondern 12 hinzuzufügen ist; in dieser Addition liegt die ungefähre Ausgleichung des in der doppelten Voraussetzung begangenen Fehlers, daß nämlich 12 Lunationen genau 354 Tage enthalten, und daß 365 Tage ein Jahr ausmachen sollen.

Aus der vorstehenden Auseinandersetzung erhellt, daß zwischen den Epacten und den entsprechenden güldenen Zahlen ein nothwendiger Zusammenhang stattfindet, so daß wenn eines von diesen Elementen der Festrechnung gegeben ist, daraus unmittelbar das zugehörige gefunden werden kann. Wenn 4 die güldene Zahl ist, so gehört dazu die dem vierten Jahre entsprechende Epacte, oder III; ist dagegen die Epacte IX gegeben, so folgt die güldene Zahl 10, weil jene Epacte im zehnten Jahre eintritt.

Die regelmäßige Reihenfolge der Epacten wird aber modificirt

durch die Schaltjahre des julianischen und des gregorianischen Kalenders.

Als der Papst Gregor XIII. die seinen Namen tragende Kalenderreform einführte, war er bemüht nie ohne dringende Nothwendigkeit von den Vorschriften der nicäanischen Kirchenversammlung vom Jahre 325 abzuweichen. Deshalb behielt er die damals aufgestellten und im Vorstehenden dargelegten Regeln für die Berechnung des Mondalters zu Anfang jedes Sonnenjahres, oder, was dasselbe ist, für die Berechnung des ersten mittleren Neumondes bei, womit natürlich auch die Epochen der Vollmonde und des davon abhängigen Osterfestes gegeben waren. Ich bemerke, daß die aus den kirchlichen Epacten hervorgehenden mittleren Neumonde von der astronomischen Berechnung der wahren Mondphasen um einen, auch um zwei Tage abweichen können.

Siebenunddreißigstes Kapitel.

Die Sonntagsbuchstaben. — Der immerwährende Kalender.

Den Gebet- oder Gesangbüchern hat man sehr frühzeitig einen sogenannten immerwährenden, d. h. einen für alle Jahre eingerichteten Kalender beigegeben. Ein solcher besteht aus verticalen Columnen, in denen der Reihe nach die verschiedenen Monatstage stehen: 1, 2, 3, 4 u. s. w. Rechts daneben befindet sich eine weitere Columne für die sogenannten unbeweglichen Feste, welche an einem bestimmten Datum gefeiert werden. Es lag nahe, daß man in diesem Kalender die den einzelnen Monatstagen entsprechenden Wochentage beischrieb, um zu wissen, wann der Sonntag, ein beweglicher Festtag, zu feiern war. Da aber das Jahr von 365 Tagen einen Tag mehr als 52 Wochen ($365 = 7 \times 52 + 1$) enthält, so wird, wenn Neujahr auf einen Sonntag fällt, auch der 365ste Tag, der letzte Tag des Jahres, ein Sonntag sein und das nächstfolgende Jahr mit Montag beginnen; aus demselben Grunde fängt das dritte Jahr mit einem Dienstag an, u. s. w. Denkt man sich also etwa links von der verticalen Columne der Monatstage für ein bestimmtes Jahr die ent-

sprechenden Wochentage eingetragen, so würden diese Angaben schon im nächstfolgenden Jahre nicht mehr richtig sein; man müßte sie wegstreichen und durch neue Namen ersetzen. Stände z. B. Sonntag neben dem 1. Januar eines gewissen Jahres, so müßte im folgenden Jahre Montag an die Stelle des Sonntags treten u. s. w.

Um diese beständigen Namenänderungen zu vermeiden, welche den gedachten Tabellen den Charakter eines immerwährenden Kalenders rauben, und die häufige Erneuerung des gedruckten zur alljährlichen Eintragung der Namen bestimmten Blattes erfordern würden, hat man die Einrichtung der Sonntagsbuchstaben erdacht. Zu astronomischen Theorieen steht diese Erfindung in keinerlei Beziehung, sondern beruht einzig und allein auf dem angegebenen Nützlichkeitsgrunde. Einem in den ältesten römischen immerwährenden Kalendern zur Bezeichnung der Markttage oder Nundinalia eingeführten Gebrauche analog, entschloß man sich die Reihenfolge der Tage durch die sieben ersten Buchstaben des Alphabets auszudrücken, welche sich vom 1. Januar bis zum 31. December beständig in derselben Ordnung wiederholen.

Der Buchstabe A bezeichnet unveränderlich den ersten Tag des Jahres, den 1. Januar, denn sonst wäre man dem Uebelstande, den man vermeiden wollte, nicht entgangen, und der Kalender wäre kein immerwährender. Ebenso entspricht B dem zweiten, C dem dritten Tage u. s. f. bis zum Buchstaben G, der neben dem siebenten Tage steht. Hierauf beginnt die Reihenfolge von Neuem mit dem Buchstaben A neben dem Datum des 8. Januar, B erscheint neben dem 9., u. s. w.

Gesetzt, ein Jahr beginne mit Sonntag, so ist A der Sonntagsbuchstabe dieses Jahres, denn überall, wo A steht, ist der entsprechende Monatstag ein Sonntag. Wir sahen aber vorhin, daß ein Jahr, das mit Sonntag anfängt, auch mit Sonntag schließt. Da folglich der 1. Januar des nächstfolgenden Jahres auf einen Montag fällt, so wird für das zweite Jahr der Buchstabe A in der unveränderlichen Tabelle jedesmal einen Montag anzeigen. Dagegen ergibt sich sogleich aus der alphabetischen Reihenfolge A, B, C, D, E, F, G der Buchstabe G für den Sonntag, so daß G der Sonntagsbuchstabe im

zweiten Jahre wird, und überall, wo im immerwährenden Kalender G steht, fällt das entsprechende Datum auf einen Sonntag. Da das zweite Jahr mit Montag anfängt und mit demselben Tage schließt, so beginnt das dritte Jahr mit Dienstag, und der jedem 1. Januar zugehörende Buchstabe A entspricht jetzt dem Dienstag. Der Sonntag kommt erst fünf Tage später, folglich muß man, um den Sonntagsbuchstaben zu finden, von A um fünf Stellen weiter gehen und gelangt zum F als dem Sonntagsbuchstaben des dritten Jahres. Damit werden die sieben Buchstaben A, B, C, D, E, F, G in ihrer umgekehrten Reihenfolge G, F, E, D, C, B, A die Sonntagsbuchstaben der aufeinanderfolgenden Jahre, bis nach dem Verlaufe von sieben Jahren, oder mit dem Beginne des achten, A wieder Sonntagsbuchstabe wird und Alles in der nämlichen Ordnung von Neuem wiederkehrt.

Allerdings darf man nicht übersehen, daß die vorstehenden Schlüsse und Rechnungen auf der Voraussetzung beruhen, daß die Länge des Jahres 365 Tage beträgt, oder 52 Wochen nur um einen Tag übertrifft; allein die Schaltjahre enthalten 366 Tage, folglich zwei Tage mehr als 52 Wochen. Dieser Ueberschuß muß die Ordnung der den verschiedenen Monatstagen in dem immerwährenden Kalender beigeschriebenen Buchstaben stören, denn da in einem Schaltjahre der 366ste Tag nach dem 28. Februar seine Stelle gefunden, so nimmt offenbar dieser Schalttag, der 29. Februar, den Buchstaben weg, der außerdem neben dem 1. März seinen Platz haben würde. Die Schaltjahre zählen folglich zwei Sonntagsbuchstaben, einen für Januar und Februar, und einen andern für März und die übrigen Monate des Jahres bis Ende December.

Zu Nutz und Frommen der Personen, welche sich der den Gebetbüchern angehängten immerwährenden Kalender bedienen wollen, pflegt das Jahrbuch des Längenbureau (Annuaire du bureau des longitudes) alljährlich die Sonntagsbuchstaben anzugeben. Folgende Tabelle enthält den immerwährenden gregorianischen Kalender der Epacten und Sonntagsbuchstaben, um die Neumonde, die Wochentage und das Datum des Osterfestes zu finden, von dem die übrigen beweglichen Feste um eine bestimmte Anzahl Tage unterschieden sind.

	Januar.		Februar.		März.		April.		Mai.		Juni.	
Monatstage.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.
1	A	*	D	XXIX	D	*	G	XXIX	B	XXVIII	E	XXVII
2	B	XXIX	E	XXVIII	E	XXIX	A	XXVIII	C	XXVII	F	XXVI
3	C	XXVIII	F	XXVII	F	XXVIII	B	XXVII	D	XXVI	G	XXV XXIV
4	D	XXVII	G	XXVI	G	XXVII	C	XXVI	E	XXV	A	XXIII
5	E	XXVI	A	XXV XXIV	A	XXVI	D	XXV XXIV	F	XXIV	B	XXII
6	F	XXV	B	XXIII	B	XXV	E	XXIII	G	XXIII	C	XXI
7	G	XXIV	C	XXII	C	XXIV	F	XXII	A	XXII	D	XX
8	A	XXIII	D	XXI	D	XXIII	G	XXI	B	XXI	E	XIX
9	B	XXII	E	XX	E	XXII	A	XX	C	XX	F	XVIII
10	C	XXI	F	XIX	F	XXI	B	XIX	D	XIX	G	XVII
11	D	XX	G	XVIII	G	XX	C	XVIII	E	XVIII	A	XVI
12	E	XIX	A	XVII	A	XIX	D	XVII	F	XVII	B	XV
13	F	XVIII	B	XVI	B	XVIII	E	XVI	G	XVI	C	XIV
14	G	XVII	C	XV	C	XVII	F	XV	A	XV	D	XIII
15	A	XVI	D	XIV	D	XVI	G	XIV	B	XIV	E	XII
16	B	XV	E	XIII	E	XV	A	XIII	C	XIII	F	XI
17	C	XIV	F	XII	F	XIV	B	XII	D	XII	G	X
18	D	XIII	G	XI	G	XIII	C	XI	E	XI	A	IX
19	E	XII	A	X	A	XII	D	X	F	X	B	VIII
20	F	XI	B	IX	B	XI	E	IX	G	IX	C	VII
21	G	X	C	VIII	C	X	F	VIII	A	VIII	D	VI
22	A	IX	D	VII	D	IX	G	VII	B	VII	E	V
23	B	VIII	E	VI	E	VIII	A	VI	C	VI	F	IV
24	C	VII	F	V	F	VII	B	V	D	V	G	III
25	D	VI	G	IV	G	VI	C	IV	E	IV	A	II
26	E	V	A	III	A	V	D	III	F	III	B	I
27	F	IV	B	II	B	IV	E	II	G	II	C	*
28	G	III	C	I	C	III	F	I	A	I	D	XXIX
29	A	II			D	II	G	*	B	*	E	XXVIII
30	B	I			E	I	A	XXIX	C	XXIX	F	XXVII
31	C	*			F	*			D	XXVIII		

	Juli.		August.		September.		October.		November.		December.	
Monatstage.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.	Sonntagsbuchst.	Epacten.
1	G	XXVI	C	XXV / XXIV	F	XXIII	A	XXII	D	XXI	F	XX
2	A	XXV	D	XXIII	G	XXII	B	XXI	E	XX	G	XIX
3	B	XXIV	E	XXII	A	XXI	C	XX	F	XIX	A	XVIII
4	C	XXIII	F	XXI	B	XX	D	XIX	G	XVIII	B	XVII
5	D	XXII	G	XX	C	XIX	E	XVIII	A	XVII	C	XVI
6	E	XXI	A	XIX	D	XVIII	F	XVII	B	XVI	D	XV
7	F	XX	B	XVIII	E	XVII	G	XVI	C	XV	E	XIV
8	G	XIX	C	XVII	F	XVI	A	XV	D	XIV	F	XIII
9	A	XVIII	D	XVI	G	XV	B	XIV	E	XIII	G	XII
10	B	XVII	E	XV	A	XIV	C	XIII	F	XII	A	XI
11	C	XVI	F	XIV	B	XIII	D	XII	G	XI	B	X
12	D	XV	G	XIII	C	XII	E	XI	A	X	C	IX
13	E	XIV	A	XII	D	XI	F	X	B	IX	D	VIII
14	F	XIII	B	XI	E	X	G	IX	C	VIII	E	VII
15	G	XII	C	X	F	IX	A	VIII	D	VII	F	VI
16	A	XI	D	IX	G	VIII	B	VII	E	VI	G	V
17	B	X	E	VIII	A	VII	C	VI	F	V	A	IV
18	C	IX	F	VII	B	VI	D	V	G	IV	B	III
19	D	VIII	G	VI	C	V	E	IV	A	III	C	II
20	E	VII	A	V	D	IV	F	III	B	II	D	I
21	F	VI	B	IV	E	III	G	II	C	I	E	*
22	G	V	C	III	F	II	A	I	D	*	F	XXIX
23	A	IV	D	II	G	I	B	*	E	XXIX	G	XXVIII
24	B	III	E	I	A	*	C	XXIX	F	XXVIII	A	XXVII
25	C	II	F	*	B	XXIX	D	XXVIII	G	XXVII	B	XXVI
26	D	I	G	XXIX	C	XXVIII	E	XXVII	A	XXVI	C	XXV
27	E	*	A	XXVIII	D	XXVII	F	XXVI	B	XXV / XXIV	D	XXIV
28	F	XXIX	B	XXVII	E	XXVI	G	XXV	C	XXIII	E	XXIII
29	G	XXVIII	C	XXVI	F	XXV / XXIV	A	XXIV	D	XXII	F	XXII
30	A	XXVII	D	XXV	G	XXIII	B	XXIII	E	XXI	G	XXI
31	B	XXVI	E	XXIV			C	XXII			A	XX

Achtunddreißigstes Kapitel.

Berechnung der Sonntagsbuchstaben. — Sonnencyclus.

Die Chronologen und einige Astronomen haben sich mit der directen Bestimmung der Sonntagsbuchstaben für ein beliebig gegebenes Jahr beschäftigt.

Wenn man sich erinnert, daß das erste Jahr der christlichen Zeitrechnung an einem Sonnabend begann, daß also A den Sonnabend bezeichnete, folglich B der Sonntagsbuchstabe des Jahres 1, A des Jahres 2, G des Jahres 3 u. s. w. war, so gelangt man (mit gehöriger Berücksichtigung der Schaltjahre) leicht zu der gewünschten Formel. Dieselbe wird etwas complicirter, sobald man sie auf die Jahre nach 1582, also nach der Einführung des gregorianischen Kalenders, ausdehnt.

Hätten die Jahre sämmtlich übereinstimmend 365 Tage, so würden sich die Sonntagsbuchstaben, jedes Jahr um eine Stelle zurückweichend, wie wir bereits auseinandergesetzt haben, alle sieben Jahre in derselben Ordnung wiederholen.

Im julianischen Kalender ist aber jedes vierte Jahr ein Schaltjahr von 366 Tagen. Dieser 366ste Tag verändert die numerische Reihenfolge, welche für das einfache bewegliche Jahr gelten würde, und erst nach Ablauf einer Periode von achtundzwanzig Jahren können die Wochentage den Monatstagen wieder in der nämlichen Ordnung entsprechen. Diese letztere Periode hat man sehr uneigentlich den Sonnencyclus oder Sonnencirkel genannt.

Wenn der Rang eines Jahres in einem Sonnencirkel gegeben ist, so erhält man den zugehörigen Sonntagsbuchstaben, indem man denselben bei dem Jahre gleichen Ranges in der Tabelle der achtundzwanzig Jahre eines beliebigen vorhergehenden Cyclus aufsucht.

Da im gregorianischen Kalender die Länge der wiederkehrenden Einschaltungsperiode 400 Jahre beträgt, so würde der Cyclus der Sonntagsbuchstaben erst nach 2800 Jahren vollständig sein: eine so lange Periode aber hat keinen praktischen Nutzen.

Da die immerwährenden Kalender heutzutage gar wenig in Gebrauch sind, so wäre es überflüssig, hier länger bei diesem Gegenstande

zu verweilen. Ich habe selbst das Vorstehende nur aus dem Grunde aufgenommen, um die Bedeutung der unter der Rubrik Sonnencirkel aufgeführten Zahl zu erläutern, welche infolge einer kaum zu lobenden Gewohnheit im Jahrbuche des Längenbureau figurirt.

Neununddreißigstes Kapitel.

Von den Festen der Mohammedaner.

Die mohammedanische Religion stellt gleich der christlichen eine gewisse Zahl von Jahrestagen auf, welche von den Gläubigen feierlich begangen werden. Da der Kalender ebenso wie die religiösen Feste nach dem Mondlaufe geordnet ist, so hat die Fixirung der letzteren keine Schwierigkeit.

Der 1. Moharrem ist der erste Tag im Jahre.

Die zehn ersten Tage desselben Monats sind, vornämlich bei den Schiiten (den Anhängern Ali's), d. h. in Mesopotamien, Persien und Ostindien, dem Gedächtniß des Hussein, Sohnes von Ali, gewidmet, der am 10. Moharrem zu Kerbelah ermordet wurde. Dieser Tag heißt achurâ, und wird durch Fasten begangen.

Der 29. Safar ist der Jahrestag vom Tode des Propheten.

Der 12. Rebi-el-awwel ist sein Geburtstag, und heißt manlud, Geburt.

Der 20. Dschemâdi-el-awwel ist der Jahrestag der Einnahme von Constantinopel.

Am 29. Redscheb fuhr Mohammed auf seinem Esel Borak gen Himmel.

Am 15. Schabân fiel der Koran ganz vom Himmel herab.

Der Monat Ramadân ist der Fastenmonat: vom ersten Gebet an, zwei Stunden vor Sonnenaufgang bis zu ihrem Untergange enthält man sich von Speise und Trank, vom Rauchen und von allen anderen Genüssen. Auf den 27. dieses Monats fällt die Nacht der Macht (leil ul kadr), in welcher der Koran vom Himmel zu fallen begann.

Die Fastenzeit schließt mit dem 1. Schewwâl, und dieses Ende

der Abstinenz wird durch dreitägige Festlichkeiten gefeiert, Bairâm genannt (ein persisches Wort für Fest).

Das höchste von allen Festen aber ist das Kurban Bairâm, oder Opferfest, am 10. Dsû'l-hedsche, an welchem Tage in dem Thal von Mina bei Mekka geopfert und gepredigt wird. Zu diesem Feste unternehmen die Gläubigen die Pilgerfahrt nach der heiligen Stadt.

Vierzigstes Kapitel.

Die Feste der Juden.

Vor dem Auszuge aus Aegypten fingen, nach Daunou, die Hebräer ihr Jahr mit der Herbstnachtgleiche an; nachdem sie aber zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums im hebräischen Monate Nisan Aegypten glücklich verlassen hatten, verlegten sie den Anfang ihres religiösen Jahres dahin, während sie in bürgerlichen Dingen den Monat Thischri als Anfangsmonat beibehielten, der ungefähr dem ägyptischen Thot entsprach, soweit überhaupt ein Mondmonat mit einem Sonnenmonat zusammenfallen kann.

Die drei jüdischen Hauptfeste: das Passahfest, das Fest der Wochen und das Laubhüttenfest sind zur Erinnerung an den Auszug aus Aegypten, an die Gesetzgebung auf dem Sinai und an den Einzug in das gelobte Land gestiftet. Der erste Tag des Passah (Ostern) soll dem Frühlingsäquinoctium nahe liegen, aber demselben nie vorhergehen, niemals auf einen der drei von uns Sonntag, Mittwoch oder Freitag genannten Wochentage fallen, und außerdem stets am 15. Nisan gefeiert werden. Da die abwechselnden Mondmonate von 29 und von 30 Tagen nothwendiger Weise den 1. Nisan bald soweit verrücken würden, daß der 15. vor der Frühlingsnachtgleiche einträte, so verzögert oder beschleunigt man nach Bedürfniß den Anfang des Jahres durch Einschieben oder Weglassen des Schaltmonats. Das Wochenfest (Pfingsten) fällt jederzeit 50 Tage (sieben Wochen) nach dem ersten Ostertage und erfordert das Darbringen der Erstlinge der Weizenerndte. Am 15. Thischri endlich findet das Laubhüttenfest statt, nach Beendigung der Weinlese und der Olivenerndte.

Man begreift leicht, welche Complication solche Vorschriften in die Einrichtung des jüdischen Kalenders bringen mußten, der außer den drei genannten Hauptfesten als Feiertage noch zählt, erstens alle Sabbathe oder jeden siebenten Tag, ferner am 17. Thamus einen Fasttag zum Andenken an die Einnahme Jerusalems, am 2. Thischri das Posaunenfest, am 25. Kislev das Fest der Lichter oder der Tempelweihe, u. s. w.

Einundvierzigstes Kapitel.

Wird in Zukunft eine Zeit kommen, wo die Tage sämmtlich gleiche Länge haben und das ganze Jahr hindurch dieselbe Temperatur herrscht?

Wie wir im vorigen Buche gesehen haben (32. Buch, Kap. 12, S. 454) zerfällt das Jahr in vier Jahreszeiten; der Frühling ist die Zeit von der Tag- und Nachtgleiche Ende März bis zur Sommersonnenwende; Sommer heißt der Zwischenraum zwischen dem gedachten Solstitium und dem Herbstäquinoctium; der Herbst dauert so lange, als die Sonne Zeit braucht, um von der Herbstnachtgleiche bis zur Wintersonnenwende zu gelangen, und der Winter endlich herrscht auf der nördlichen Halbkugel vom Augenblicke des Durchganges der Sonne durch das Wintersolstitium bis zum Frühlingsäquinoctium.

Obwohl die Sonne zwischen den beiden Aequinoctialpunkten genau einen Bogen von 180 Graden oder einen Halbzirkel zurücklegt, mag sie ihren Weg vom Frühlings- zum Herbstäquinoctium durch das Sommersolstitium nehmen, oder von der Herbstnachtgleiche durch die Wintersonnenwende zum Frühlingspunkt gehen; obwohl demnach eine zwischen beiden Nachtgleichenpunkten gezogene Linie den Kreis der Ekliptik, welchen die Sonne vermöge ihrer scheinbaren eigenen Bewegung alljährlich am Himmel beschreibt, in zwei gleiche Hälften theilt: so findet man doch, daß diese beiden Halbkreise nicht in gleichen Zeiten durchlaufen werden. Es hat sich vielmehr ergeben (32. Buch, 21. Kapitel, S. 487), daß der Frühling und der Sommer zusammen ungefähr 8 Tage länger dauern, als Herbst und Winter.

Dieser Unterschied zwischen den Zeiten, in denen die nördliche und

die südliche Hälfte der jährlichen Sonnenbahn zurückgelegt wird, hat seinen Ursprung in dem Umstande, daß gegenwärtig das Perigäum oder der Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne sich mit der größten Geschwindigkeit bewegt, in dem südlichen Theile ihrer Bahn liegt. Früher hatte man aus der gedachten Abweichung die Erklärung für die auffallende meteorologische Erscheinung herleiten wollen, daß auf den beiden Hemisphären unserer Erde unter gleichen Breiten nicht die nämlichen Temperaturverhältnisse herrschen.

Wie wenig begründet diese Erklärung sei, ist bereits gezeigt worden (Buch 32, Kap. 16, S. 462); indessen will ich hier einige Worte über einen vorgeblichen Temperaturzustand hinzufügen, welchem die Erde nach der Meinung einiger Kosmologen allmälich entgegen gehen soll, jenen ewigen Frühling, den uns gewisse sogenannte wissenschaftliche Schriften, die man mit besserem Rechte Romane nennen würde, mit herrlichen Farben malen. Bei der ausführlichen und vollständigen Untersuchung über die Entstehung der Jahreszeiten, welche wir am geeigneten Orte gegeben haben (32. Buch, 12. Kap., S. 448 bis 456), hat sich herausgestellt, daß die an einem gegebenen Tage unter einer bestimmten Polhöhe, wie z. B. der von Paris, von der Sonne ausgestrahlte Wärme, so wie diejenige Wärmemenge, die sich daselbst anhäuft, von der Dauer des Tages, von der Neigung, unter welcher um Mittag die von der Sonne ausgehenden Strahlen die Erdoberfläche treffen, und von der Wärme der vorhergehenden Tage abhängt.

Alle diese Umstände sind offenbar in genauem Zusammenhange mit der Declination der Sonne; wenn also die letztere vermöge ihrer eigenen Bewegung unveränderlich in der Ebene des Aequators fortrückte, so würden Tag und Nacht auf der ganzen Erde beständig gleich sein, und die Winkel, unter denen alle Gegenstände in der Ausdehnung eines bestimmten Horizontes von den Sonnenstrahlen getroffen werden, müßten jeden Tag in demselben Maaße wachsen und abnehmen. Es wäre folglich im Allgemeinen kein Grund vorhanden, weshalb, von localen atmosphärischen Einflüssen abgesehen, sich Unterschiede in der Temperatur der verschiedenen Tage des Jahres zeigen sollten.

Die Beständigkeit der Temperaturverhältnisse für jeden Ort würde

sich als eine unvermeidliche Folge des astronomischen Zustandes herausstellen, von welchem wir ausgingen; allein es wäre ein großer Irrthum, wollte man die sehr uneigentliche Benennung eines ewigen Frühlings dahin verstehen, daß die Temperatur allenthalben die nämliche sein müßte, so daß z. B. das Klima von Lappland mit dem von Spanien genau identisch würde, u. dergl. Diejenigen, welche sich des ungeeigneten Ausdrucks, ewiger Frühling, zuerst bedienten, wollten damit nur sagen, daß wenn die Sonne beständig in der Ebene des Aequators sich bewegte, es an jedem Orte weder Frühling, noch Sommer, weder Herbst, noch Winter geben würde, weil für einen beliebig gegebenen Ort auf der Erde alle Jahreszeiten unter sich gleich sein müßten; sie behaupteten aber keineswegs, daß unter allen Breiten dieselbe Temperatur herrschen sollte. Zur Berichtigung dieses ziemlich weit verbreiteten Irrthums habe ich vorstehende kurze Erläuterung niedergeschrieben.

Uebrigens ist zu bemerken, daß jenes von den Erfindern eines ewigen Frühlings vorausgesetzte Zusammenfallen der jährlichen Sonnenbahn mit dem Aequator überhaupt niemals eintreten wird. Allerdings ist durch die Beobachtungen der Astronomen dargethan, daß die Ebene der Ekliptik, in welcher der von der Sonne alljährlich zurückgelegte Weg enthalten ist, der Ebene des Aequators sich gegenwärtig mit jedem Jahre mehr nähert, und man könnte daraus den Schluß ziehen, daß beide Ebenen früher oder später einmal zusammenfallen würden. Allein aus der Theorie haben wir die Ursache dieser Neigungsveränderung kennen lernen (23. Buch, 4. Kap., S. 19), und zugleich gesehen, daß wenn die Ekliptik während einer gewissen Zeit dem Aequator näher gerückt ist, sie sich von demselben wieder entfernen muß, mit andern Worten, daß der ganze Betrag der Schwankungen in der Neigung der Ekliptik innerhalb sehr enger Grenzen eingeschlossen ist, so daß in den klimatischen Verhältnissen unserer Erde daraus nur sehr unbeträchtliche Veränderungen entstehen können.

Zweiundvierzigstes Kapitel.

Ist es denkbar, daß in vorhistorischer Zeit das Jahr aus einer runden Anzahl von Tagen, ohne Bruchtheile, bestanden habe?

Die Umstände, die den Kalender so verwickelt, die Chronologie schwierig und dunkel machen, hängen zum großen Theile damit zusammen, daß man zur ganzen Zahl 365 noch Bruchtheile eines Tages hinzufügen muß, um die Länge des astronomischen Jahres zu erhalten. Verschiedene Chronologen haben deshalb die Frage erörtert, ob das Verhältniß zwischen Jahres- und Tageslänge in der Vorzeit nicht etwa einfacher, als gegenwärtig, gewesen sei.

Whiston glaubte durch historische Zeugnisse nachgewiesen zu haben, daß in den entlegensten Zeiten mehrere Völker nach Jahren von 360 Tagen und nach Monaten von 30 Tagen rechneten. Als einzige Erklärung dieses Umstandes schien ihm die Annahme zuläßig, daß die Monate und Jahre einstmals in der That nur 30 und 360 Tage enthalten hätten, und daß aus blinder Anhänglichkeit für althergebrachte Gewohnheiten die Völker auch dann noch bei Anwendung dieser Zahlen verharret wären, als sie offenbar nicht mehr mit dem Gange der Sonne in Einklang standen. Nach Whiston's Meinung hätte die Veränderung im Augenblicke der Sündflut stattgefunden, und während vor dieser Epoche das Jahr aus genau 360 Tagen bestand, wäre seine Länge infolge der Einwirkung eines Kometen, der eigentlichen Ursache der großen Ueberschwemmung, auf 365¹/₄ Tage gestiegen.

Kurt von Gebelin erblickte in der incommensurabeln Länge des Jahres einen s c h r e i e n d e n (inique) Widerspruch mit der Harmonie, welche die übrigen himmlischen Erscheinungen ihm darzubieten schienen. Er kam auf den Gedanken, ursprünglich seien die Dinge anders und besser eingerichtet gewesen, und behauptete gleich Whiston, daß vor der Sündfluth das tropische Jahr nicht mehr und nicht weniger als 360 Tage besessen, daß die Sonne damals täglich einen Grad am Himmel zurückgelegt, und jedem Monate genau eine Bewegung von 30 Graden entsprochen habe. Die Katastrophe, welche die Sündflut herbeiführte, änderte dann die ursprünglichen einfachen Verhältnisse von 1 zu 30 und von 1 zu 360, so daß erst von dieser Zeit an

die Ausdrücke in Bruchtheilen, auf denen unser jetziger Kalender basirt, datiren.

Nach der Auffassung Gebelin's gehörte diese Umänderung zu den der sündigen Menschheit für ihre Verbrechen auferlegten Strafen. Aus der Vergleichung gewisser koptischen, armenischen Bibelübersetzungen, mit Ausschluß der Vulgata und des hebräischen Textes, glaubte der feurige Gelehrte die in der Erzählung der Sündflut angeführten Angaben über Tage und Monate dergestalt ins Reine gebracht zu haben, daß er durch seine Theorie alle andern Conjecturen für beseitigt erachtete.

Noch weiter ging Goguet: ihm zufolge bestand das Jahr noch zu Moses Zeiten aus blos 360 Tagen. Goguet suchte dadurch zu erklären, weshalb der Gesetzgeber der Juden, in seinem Berichte über die Ereignisse vor der Sündflut, nicht hervorgehoben habe, daß seine auf eine Jahreslänge von 360 Tagen basirten Rechnungen auf die später folgenden Zeiten nicht mehr anwendbar seien; allein er gab nicht an, wie eine so eingreifende Veränderung im Laufe der Gestirne ohne merkbare physische Umwälzung vor sich gehen konnte.

Will man zum Ueberfluß wissen, wie schwankend und unsicher die Erzählungen etwa lauten, auf deren Bericht hin Kurt von Gebelin und Goguet sich berechtigt hielten, beispielsweise die Länge des Jahres der Sündflut zu bestimmen, so brauche ich wohl nur daran zu erinnern, daß immer von denselben Elementen, d. h. von den in der mosaischen Erzählung enthaltenen Daten ausgehend, die Chronologen für die erwähnte Jahreslänge folgende Werthe ausgerechnet haben:

Fréret fand	336 Tage
Heidegger	354 „
Die englischen Verfasser der allgem. Weltgeschichte	355 „
Scaliger	365 „
Der Pater Bonjour	366 „

Ich füge zum Schlusse hinzu, daß viele Gelehrte (und in diesem Punkte waren es vielleicht die verständigsten und weisesten) die Meinung abgaben, aus den so verschiedener Interpretation fähigen Stellen der biblischen Erzählung sei etwas Entscheidendes gar nicht zu ermitteln.

Dreiundvierzigstes Kapitel.

Ueber das große Jahr.

In diesem Kapitel gedenke ich die bei verschiedenen Autoren zerstreuten Notizen in Betreff des viele Jahrhunderte umfassenden Zeitraumes zusammenzustellen, welcher bei den Alten unter dem Namen des großen Jahres erwähnt wird.

Ich werde mich hierbei vorzugsweise den Untersuchungen des Akademikers La Nauze anschließen.

Wie Plato, Cicero, Plutarch u. A. uns mittheilen, hat man im Alterthume sich sehr ernstlich mit einer Periode beschäftigt, welche großes oder vollkommenes Jahr, Jahr der Welt genannt wurde.

In der Schrift de natura Deorum sagt Cicero von dem großen Jahre, es begreife die Zeit, welche die mit eigener Bewegung begabten Gestirne, also Sonne, Mond und die fünf übrigen Planeten gebrauchen, um zu den nämlichen relativen Stellungen zurückzukehren. Dieselbe Bedeutung verband man schon im Jahrhunderte Plato's (siehe dessen Timäus) mit der Benennung großes Jahr.

Wie aus einer von Seneca in der lateinischen Uebersetzung uns aufbehaltenen Stelle hervorgeht, fügte Berosus der vorstehenden Definition eine weitere Bedingung hinzu. Der chaldäische Astronom setzte den Anfang des großen Jahres auf den Zeitpunkt, wo die Oerter der sieben Planeten in einer und derselben geraden Linie enthalten waren; das Jahr lief ab, wenn die nämliche geradlinige Stellung sich wiederholte, und außerdem die sämmtliche Planeten verbindende Linie nach demselben Fixsterne gerichtet war, der ursprünglich in derselben Richtung sich befand.

Zu einer Zeit, wo so viele Philosophen an der Ansicht festhielten, daß die Geschicke der Menschheit, und selbst unserer Erde, als Gesammtkörper betrachtet, durch den Lauf der Sterne geregelt würden, hatte die Annahme nichts Auffallendes, daß jedes große Jahr eine Wiederkehr der nämlichen Erscheinungen in der physischen und moralischen Welt, derselben politischen oder kriegerischen Ereignisse, der gleichen Reihenfolge von Personen, ausgezeichnet durch ihre Tugen-

den, ihre Laster oder ihre Verbrechen, herbeiführen sollte. Bei einer solchen Einrichtung würde die Geschichte eines einzigen großen Jahres *die* aller folgenden sein.

Nach der Angabe des Censorinus, der eine uns nicht aufbehaltene Schrift des Aristoteles citirt, besteht der Winter des großen Jahres aus einer großen Ueberschwemmung oder Sündflut, der Sommer dagegen bringt einen allgemeinen Brand.

An der bereits angeführten, von Seneca übersetzten Stelle versichert der Chaldäer Berosus: „daß die Erde in Asche zerfallen wird, sobald die auf verschiedenen Bahnen wandelnden Gestirne mit dem ersten Stern im Krebse dergestalt correspondiren, daß eine und dieselbe gerade Linie durch alle ihre Mittelpunkte hindurchgeht; daß dagegen eine allgemeine Ueberschwemmung eintreten wird, sobald die nämlichen Himmelskörper sämmtlich dem Steinbocke entsprechen.“

Indeß war dieser Wechsel zwischen Flut und Brand nicht allgemein angenommen: gewisse Philosophen glaubten blos an Ueberschwemmungen, andere nur an Verbrennungen. Noch Andere endlich gab es, welche, die Altersstufen der Welt mit denen des Menschen vergleichend, während der ersten Hälfte des großen Jahres die Natur an Kraft und Entwickelung wachsen ließen, um dann in der anderen Hälfte allmälich zur Auflösung herabzusinken. Plato selbst bekannte sich zu der Ansicht, daß die Welt am ersten Tage des großen Cyclus das Maximum der Kraft besitze, und daß von da ab Alles successive abnehme und schwächer werde. Die Tradition der vier, mit vier Metallen in Parallele gestellten Weltalter ist die vulgäre Uebersetzung der platonischen Vorstellung.

Diese Ueberreste von Meinungen des Alterthums in Bezug auf die Periode des großen Jahres haben seit dem Auftreten des Christenthums zur Aufstellung verschiedener Theorieen Veranlassung gegeben, gegen welche die Kirche häufig ihr Anathema geschleudert hat, wie z. B. die an der Universität von Paris vorgetragene Lehre: „daß in der Zeit, in welcher die Himmelskörper zu den nämlichen Punkten zurückkehren, die Ereignisse unablässig in derselben Reihenfolge sich wiederholen.“

Noch weniger als über die Bedeutung des großen Jahres waren die Alten über die Länge desselben einig. Einige setzen diese Länge

bis auf 6570 Jahrtausende, Andere geben dafür nur einige Jahrhunderte. Cicero sagt im Somnium Scipionis, er wage nicht zu entscheiden, aus wieviel Jahrhunderten das vollkommene Jahr bestehe. Hesiod hatte sich schon früher mit gleicher Zurückhaltung ausgesprochen; andererseits haben Plinius und Plutarch uns Verse desselben Autors aufbehalten — von Ausonius ins Lateinische übersetzt — in denen bestimmt genug behauptet wird:

daß das Leben des Menschen, wenn es hoch kommt, bis zu 96 Jahren reicht;

daß eine Krähe neunmal länger lebt, als der Mensch, oder 864 Jahre;

der Hirsch viermal so lang als die Krähe, oder 3456 Jahre;

der Rabe dreimal so lang als der Hirsch, oder 10368 Jahre;

der Phönix neunmal so lang als der Rabe, oder 93312 Jahre;

die Hamadryaden zehnmal so lang als der Phönix, oder 933120 Jahre.

Nach all' diesen kühnen Angaben erklärt trotzdem Hesiod, daß er über die Länge des großen Jahres nicht das Mindeste wisse, und daß Gott allein davon unterrichtet sein könne.

Unter den Neuern kann ich nur Pingré nennen, der sich mit einem Problem beschäftigt hat, dessen Lösung nach Hesiod Gott allein vorbehalten ist. Der Verfasser der Kometographie schätzte die Periode, nach welcher eine allgemeine Conjunction der Planeten eintreten könnte, auf mehr als 25 Millionen Jahre, und doch waren zu Pingré's Lebzeiten weder Ceres, Pallas, Juno, Vesta, noch all' die übrigen in neuerer Zeit entdeckten Planeten bekannt.

Die gefeierten Namen des Plato, Cicero, Seneca, Plutarch dürfen uns nicht abhalten, die Ansichten des Alterthums über den vermeintlichen Zusammenhang des großen Jahres mit den auf der Erde wahrnehmbaren Erscheinungen aller Art, in die Kategorie der unhaltbarsten Hirngespinnste zu verweisen, deren Tradition vom Alterthume zu uns herübergekommen ist.

Vierundvierzigstes Kapitel.

Von der verschiedenen Art, wie die Chronologen und die Astronomen die Jahre vor der christlichen Zeitrechnung zählen.

Die Chronologen und die Astronomen pflegen die der Geburt Jesu Christi vorangehenden Jahre nicht auf die nämliche Weise zu zählen. Das Jahr, welches dem ersten Jahre unserer Zeitrechnung unmittelbar vorherging, heißt bei den Chronologen ein Jahr vor Christi Geburt, während es die Astronomen das Jahr Null nennen. Folglich ist das Jahr 2 vor Christus bei den Chronologen erst das Jahr — 1 der Astronomen, u. s. f. stets mit einer Einheit Differenz. Fragt man, wer bei dieser Zählungsweise Recht und wer Unrecht hat, so wird es, denke ich, nicht schwer einzusehen sein, daß das Verfahren der Astronomen allein den Vorschriften des gesunden Verstandes, der Logik und der Arithmetik entsprechend ist.

Ich könnte, wenn es nöthig wäre, zeigen, daß eine Größe, welche positiver und negativer Werthe fähig ist, nur dann regelmäßig der Rechnung unterworfen werden kann, wenn sie durch Null hindurchgeht, um von dem einen Zustande zum anderen zu gelangen: hier wird indeß ein Beispiel ausreichen, um sich von den Vortheilen der astronomischen Methode zu überzeugen.

Der Unterschied zwischen dem 20. März vor und dem 20. März nach der Geburt Christi beträgt offenbar ein Jahr, weder mehr noch weniger.

Die Chronologen würden schreiben: 20. März im Jahre 1 vor Christus, und der 20. März des Jahres 1 nach Christus; addirt man nun die Jahreszahlen, welche die beiden gedachten Jahre führen, so bekommt man die Summe von 2 Jahren als den Zwischenraum beider Epochen, während in der That nur ein Jahr dazwischen liegt.

Dem astronomischen Gebrauche zufolge heißen die nämlichen Daten: der 20. März des Jahres 0 vor Chr. und 20. März 1 nach Chr., und diesmal gibt die Summe der beiden Jahreszahlen, der Wahrheit gemäß, ein Jahr.

Das Datum des Todes Jesu Christi ist der Monat März Anno

33 unserer Zeitrechnung; die Ermordung Cäsar's fällt, nach der chronologischen Zählungsweise, auf den März 44 vor Christi Geburt. 44 zu 33 gibt 77 Jahre, welche das Intervall zwischen beiden Ereignissen auszudrücken scheinen. Dennoch beträgt diese Zwischenzeit nur 76 Jahre, wie man sich augenblicklich überzeugt, wenn man Alles auf die Aera von der Gründung Rom's bezieht.

Die Astronomen würden sogleich das richtige Resultat erhalten haben, denn nach ihnen ist Cäsar im März des Jahres 43 vor Chr. (d. h. — 43) gestorben: 76 aber ist die Summe von 43 u. 33.

Fünfundvierzigstes Kapitel.

Mit welchem Tage schließt das achtzehnte Jahrhundert und wann beginnt das neunzehnte?

Häufig wird unter den Laien über die Frage gestritten, ob z. B. der 28. März 1800 dem achtzehnten oder dem neunzehnten Jahrhundert angehört.

Man sieht leicht, daß diese Frage darauf hinausläuft, zu wissen, ob die zu einem bestimmten Datum gehörende Jahreszahl das laufende oder das vergangene Jahr ausdrückt. Hat man unter dem 28. März 1800 den 28. März des noch nicht abgelaufenen Jahres 1800 zu verstehen, oder drückt jenes Datum aus, daß bereits 1800 ganze Jahre verflossen sind, vermehrt um die Monate Januar und Februar und um 28 Tage des März aus dem Jahre 1801?

Um die Frage zu beantworten, muß man wissen, wie zu Anfang unserer Aera, d. h. in dem für die Geburt Christi angenommenen Jahre zu zählen ist. Dieses Jahr hat man aber jederzeit als anno 1 von seinem Anfange an gerechnet, so daß unter dem 28. März 1 der 28. März des laufenden ersten Jahres verstanden wurde, und nicht etwa ein zurückgelegtes Jahr vermehrt um den Januar, Februar und 28 Tage des März vom Jahre 2. Hieraus folgt mit völliger Evidenz, daß der ganze Tag des 31. December 1800 noch zum achtzehnten Jahrhundert gehört, und daß das neunzehnte erst mit dem 1. Januar 1801 begonnen hat. In der That ist dies letztere Datum

zu verstehen als der erste Tag im beginnenden 1801ten Jahre, und nicht als 1801 Jahre plus einen Tag des Jahres 1802.

Sechsundvierzigstes Kapitel.

Wie merkt man sich leicht die Monate von 30 und 31 Tagen.

Manchem fällt es schwer, sich an die Vertheilung der vollen und der hohlen Monate zu erinnern, d. h. zu merken, welche Monate in dem bei allen Völkern der Christenheit gebräuchlichen alten oder verbesserten julianischen Kalender 31, und welche 30 Tage zählen. Um das Gedächtniß zu unterstützen, hat man ein paar einfache mechanische Verfahrungsarten als mnemotechnische Hülfsmittel erdacht. Sonst pflegten auch wohl die Schulkinder diese Monatsregeln in Reime gebracht auswendig zu lernen; Nollet hat uns eine Probe dieser Poesie aufbehalten:

Trente jours ont novembre,
Juin, avril et septembre;
De vingt-huit, il en est un,
Tous les autres ont trente-un. *)

Siebenundvierzigstes Kapitel.

Von der sogenannten julianischen Periode.

Unter diesem Namen versteht man eine gewisse von Joseph Scaliger erdachte Methode der Zeitrechnung, über welche wir einige Worte

*) Dreißig Tage zählt November,
Juni, April und September;
Acht und zwanzig, einen weiß ich,
Was noch bleibt hat ein und dreißig.

Man hat in der deutschen Ausgabe geglaubt, die im französischen Texte enthaltene detaillirte und selbst mit Figuren begleitete Auseinandersetzung der oben erwähnten mnemotechnischen Verfahrungsarten weglassen zu dürfen: in der Meinung, daß für die deutschen Leser dieses Werkes weder die Erwartung, noch das Bedürfniß vorhanden sei, eine solche Erklärung hier zu finden.

Anmerkung der deutsch. Ausgabe.

sagen müssen. Der Autor nennt seine Periode die julianische, weil sie ausschließlich nach den Jahren des julianischen Kalenders zählt; wie Daunou bemerkt, hat man irriger Weise geglaubt, daß jenes Epitheton von dem berühmten Verfasser des opus de emendatione temporum zur Erinnerung an seinen Vater Julius Scaliger gewählt worden sei.

Die Dauer der julianischen Periode oder des julianischen Cyclus beträgt 7980 Jahre, eine nicht willkürliche, sondern durch Multiplication der drei cyclischen Zahlen 15, 19 und 28 gebildete Zahl, wie man sich aus dem Vorhergehenden erinnern wird, wo von der Länge des Indictionscyclus (Kap. 24, S. 560), der Periode des Meton (Kap 13, S. 542) und des Sonnencirkels (Kap. 38, S. 578) die Rede gewesen ist.

Nach Feststellung der Länge der Periode war für den Zweck, welchen Scaliger im Auge hatte, vor Allem eine passende Wahl ihres Anfangspunktes erforderlich, und hierin liegt ein Hauptverdienst der Arbeit des gefeierten Chronologen. Der Ursprung der Periode Scaliger's fällt auf das Jahr 4713 (—4712) vor Christi Geburt; bezieht man folglich die Jahre auf die gedachte Periode, so wird das Jahr 4713 vor unserer Zeitrechnung das erste, das Jahr 4712 das zweite, das Jahr 4711 v. Chr. gleich dem Jahre 3 der julianischen Periode u. s. w., ohne daß bei dieser Zählung eine Unterbrechung der Stetigkeit eintritt. Dem Vortheile, welcher für die Genauigkeit der Chronologie in dem Wegfalle eines Sprunges beim Beginne unserer Aera liegt, können wir andere noch werthvollere Eigenschaften der Periode Scaliger's an die Seite stellen. Gesetzt, man zähle vom Anfange einer Lunisolarperiode Meton's an, beständig in Intervallen von 19 Jahren rückwärts, so erhält man auf diese Weise alle vorhergehenden Anfangsjahre dieses Cyclus, und findet zugleich, daß das Jahr 4713 vor Christi Geburt in dieser Reihenfolge liegt.

Stellt man mit dem 28jährigen Sonnencyclus eine ähnliche Rechnung an, und sucht die ganze Folge der Anfangsjahre dieser Periode, indem man von irgend einem ersten Jahre beständig um 28 Jahre rückwärts geht, so kommt man wiederum auf das Jahr 4713.

Will man endlich rückwärts rechnend die Jahre bestimmen, in

denen der Indictionscirkel angefangen hat, so wird man von irgend einem aus der neuern Zeit bekannten Anfangsjahre lauter fünfzehnjährige Perioden abzuziehen haben, und auch hierbei fand Scaliger, daß das Jahr 4713 vor der christlichen Zeitrechnung, welches den eben geführten Rechnungen zufolge bereits den Anfang eines 19jährigen Lunisolarcyclus und eines 28jährigen Sonnencirkels bildete, dem Beginne einer 15jährigen Indictionsperiode entsprach.

Die drei angeführten Cyclen haben also das Jahr 4713 v. Chr. zum gemeinschaftlichen Ursprung.

Es ist jetzt leicht einzusehen, weshalb Scaliger das Product der drei Zahlen 15, 19 und 28 zur Bestimmung der Länge seiner Periode gewählt hat. Denn da dieses Product gleichzeitig ein Vielfaches von 15, von 19 und von 28 darstellt, so ist klar, daß wenn vom Anbeginn der Periode oder vom Jahre 4713 an, eine Summe von Jahren gleich der in jenem Producte enthaltenen Anzahl von Einheiten verflossen ist, die Dinge auf ihren ursprünglichen Standpunkt zurückkehren und alle drei Cyclen zugleich von Neuem beginnen müssen.

Nicht minder klar ist, daß wenn man z. B. eine nach Scaliger's Zählungsweise resultirende Jahreszahl durch 19 theilt, der Quotient in runder Zahl die Summe der ganzen Lunisolarperioden angibt, welche seit der Anfangsepoche dieser Zeitrechnung verflossen sind, sowie die übrigbleibenden Einheiten anzeigen, im wievielten Jahre der laufenden, noch nicht zurückgelegten Lunisolarperiode man steht. Ein analoges Resultat würde in Bezug auf den Indictionscyclus und den Sonnencirkel durch Division mit 15 oder 28 hervorgehen; es kann sogar eine solche Rechnung zuweilen dazu dienen, um chronologische Irrthümer nachzuweisen.

Denn setzen wir voraus, daß alle Ereignisse der alten und neuen Geschichte auf den Cyclus Scaliger's bezogen seien, und nehmen wir ferner an, daß nach dem Gebrauche der Chronisten eine bestimmte Thatsache als diesem oder jenem Jahre angehörig angeführt werde, mit gleichzeitiger Angabe der Jahreszahl und der correspondirenden Epochen der Indiction, des Lunisolarcyclus und des Sonnencirkels: so lehrt eine äußerst einfache, aus drei Divisionen bestehende Rechnung, ob diese vier Angaben zusammenstimmen können.

Ich habe im Vorstehenden den Zweck deutlich vor Augen stellen wollen, welcher Scaliger bei der Erfindung der julianischen Periode leitete. Die Frage freilich, ob die Durchführung dieses Verfahrens in der That alle die Vortheile für die Chronologie zu gewähren vermag, welche sein Urheber sich davon versprach, ist von den hervorragendsten Gelehrten in verschiedenem Sinne beantwortet worden; allein es ist mir nicht verstattet, hier auch nur andeutungsweise die Gründe zu erwähnen, welche für und wider von beiden Seiten mit einer Bitterkeit geltend gemacht worden sind, deren sich die Alterthumsforscher, wie man sagt, nur schwer zu entschlagen pflegen.

Dem Cyclus Scaliger's oder der julianischen Periode ist die unschätzbare Ehre zu Theil geworden, den Beifall Keppler's und des Pater Petavius zu gewinnen, und dieser Umstand mag die ausführliche Erwähnung derselben unsererseits rechtfertigen. Dagegen enthalte ich mich, der Kürze halber, von einer Menge anderer Perioden zu sprechen, welche von Chronologen und selbst von Astronomen erdacht worden sind, aber bei dem der Complicationen der Chronologie schon hinlänglich überdrüssigen Publikum keine Gnade gefunden haben. Wir werden sogar zu Gunsten der von Dionysius dem Kleinen erfundenen, aus 532 Jahren bestehenden, sogenannten dionysischen Periode keine Ausnahme machen; denn trotz ihrer Genauigkeit ist sie nie in Gebrauch gekommen.

Achtundvierzigstes Kapitel.

Vom Almanach und vom Kalender.

Es ist in der That zu verwundern, daß das römische Volk sich so lange Zeit hindurch mit einer so complicirten und unregelmäßigen Zeiteintheilung begnügte. Allein die Pontifices, denen die ganze Leitung dieses Gegenstandes anvertraut war, weigerten sich beständig, dem Volke die Mittel bekannt zu machen, deren sie sich bedienten, um die Reihenfolge der Monate und der Tage eines Jahres zu ordnen.

Ueberdies weiß Jedermann, wie gefährlich es in jenen alten Zeiten war, sich in die sogenannten heiligen Dinge zu mischen. Herodot

selbst spricht ausdrücklich aus, daß er über dergleichen nur mit großer Zurückhaltung berichten, und über solche Punkte, die in mehr oder weniger directer Beziehung zur Religion stehen, häufig Stillschweigen beobachten werde.

Im Jahre 303 vor der christlichen Aera soll zum großen Mißvergnügen der Pontifices Cnejus Flavius zuerst die Grundsätze des römischen Kalenders in die Oeffentlichkeit gebracht haben. Später verfaßten und publicirten Ennius, Piso, Ovid u. A. Schriften über diesen Gegenstand, und zwar enthielten ihre Werke nicht nur den allgemeinen Kalender, sondern auch meteorologische Vorhersagungen, die einem wahrhaft wissenschaftlichen Almanach durchaus fremd sind. In die nämliche Kategorie muß das sechste und letzte Kapitel der Elemente der Astronomie (Einleitung zum Aratus) von Geminus gerechnet werden, wo neben Angaben über den Auf- und Untergang der Gestirne für die verschiedenen Tage des Jahres sich Bemerkungen folgenden Inhalts finden: das Meer wird stürmisch, es kommt Regen, großer Wind, Donner, Schnee, häufiges Hagelwetter, u. s. w.

Aehnliche Witterungsanzeigen finden sich in einem unter dem Titel Erscheinungen der Fixsterne auf uns gekommenen und dem Ptolemäus zugeschriebenen Werke, dessen Verfasser Tag für Tag den Zustand der Witterung angibt.

Der Ackerbaukalender des Columella enthält Vorhersagungen, welche auf unvollkommene Beobachtungen basirt, nichts destoweniger selbst noch heute bei einer großen Zahl von Ackerbautreibenden Vertrauen finden. Plinius hat uns solche Bemerkungen aufbehalten, die vor seiner Zeit gesammelt worden waren.

Bei den Römern waren im Laufe des Jahres hier und da Tage vertheilt, an welchen ganz vorzugsweise ein Mißlingen von politischen oder Privatunternehmungen zu erwarten stand. Der Ausdruck dies nefastus, welcher ursprünglich nur anzeigte, daß an gewissen Tagen verboten war vor Gericht zu gehen, erhielt nach und nach eine ungünstige Bedeutung. Es gab deren sechsundzwanzig im Jahre, nämlich zwei in jedem Monate und drei im Januar und April; selbstverständlich wurden diese dies nefasti in den römischen Kalendern angeführt.

Wer das Werk des Lydus aus dem sechsten Jahrhundert nachsieht, kann sich überzeugen, daß die aus dem Stande der Gestirne geschöpften Prophezeihungen aller Art über Ereignisse in der physischen und moralischen Welt, keine neuere Erfindung sind.

In der gedachten Schrift findet man z. B. Stellen wie die folgenden: Wenn der Mond in den Zwillingen verfinstert wird, so geht die Leitung der politischen Angelegenheiten in andere Hände über; oder wenn ein Erdbeben zwischen dem 9. und 19. eintritt, so bedeutet es Unglück für die Regierenden, zwischen dem 20. und 25. dagegen bedroht es die Gelehrten mit dem Verluste ihres Credits.

Der letztere Passus zeigt, daß Lydus seine Divinationsgabe auf recht unwichtige Dinge anwandte.

Wir haben eben gesehen, daß bei den Alten nur von Kalendern die Rede war, die auf alle Jahre paßten. Im Mittelalter waren solche allgemeine Kalender sehr verbreitet, und in der Regel den Gesang- oder Gebetbüchern vorgedruckt.

Jährliche Kalender oder Almanache, welche sich nur auf ein bestimmtes Jahr beziehen, hat man seit noch nicht sehr langer Zeit.

Der erste derartige Almanach, der eine wahrhafte Popularität erlangte, datirt aus dem Schaltjahre 1636 und erschien zu Lüttich unter dem Namen des dortigen Canonicus Matthäus Lansberg *), indeß

---

*) Nostradamus, ein berühmter Arzt in der Provence, hat vom Jahre 1550 bis zu seinem Tode einen Kalender herausgegeben, welcher Vorhersagungen über die Jahreszeiten und die günstigsten Epochen für verschiedene Arbeiten des Ackerbaues enthielt. Da ich diesen Kalender nicht vor Augen habe, so kann ich nicht sagen, ob derselbe zu den immerwährenden oder zu den jährlichen Kalendern zu rechnen ist. Uebrigens darf man diese meteorologischen Prophezeihungen nicht mit den „Centurien" desselben Verfassers verwechseln, wo die Zukunft in fast unverständlichen Versen vorausgesagt wird: vielleicht gerade deshalb trugen sie ihm die Protection der abergläubischen Katharina von Medicis ein.

Rabelais wird von seinen Biographen als der Verfasser von Kalendern für die Jahre 1533, 1535, 1548 und 1550 angeführt, und wie versichert wird, sollen einige unter diesen sehr selten gewordenen Almanachen Prophezeihungen enthalten. Indessen kann man über den Grad des Vertrauens nicht in Zweifel sein, womit der witzige Pfarrer von Meudon seine eigenen Vorhersagungen ansehen mochte,

ist selbst die Existenz dieser Persönlichkeit nichts weniger als gewiß, denn man darf ihn nicht mit den holländischen Astronomen Jacob und Philipp Lansberg verwechseln, welche um dieselbe Zeit lebten. Der ungeheure Erfolg dieses Lütticher oder Lansbergischen Almanachs ist vornämlich den darin aufgenommenen Prophezeihungen zuzuschreiben. Wenn man auf die Leichtgläubigkeit der Menschen speculirt, so ist man des Gelingens jederzeit gewiß: die Vorhersagungen mögen eintreffen oder nicht, das Publikum fährt nichtsdestoweniger fort, auf die Sprüche des weisen Almanachs sein Vertrauen zu setzen*). Schon Lafontaine hat gesagt:

L'homme est de glace aux vérités,
Il est de feu pour le mensonge.
(Der kält'ste Zweifler an der Wahrheit
Ist für die Lüg' oft gleich entflammt.)

Lagrange hat mir eine diesen Gegenstand betreffende Anekdote erzählt, welche ich der Mittheilung werth erachte.

Die Haupteinnahmequelle für die berliner Akademie war ursprünglich der Erlös aus dem Verkaufe ihres Almanachs. In demselben standen damals Vorausverkündigungen aller Art, die entweder ganz auf's Gerathewohl gemacht, oder wenigstens auf kein irgend stichhaltiges Princip gegründet waren. Um diesem Unwesen ein

---

wenn man folgende vom Pater Niceron citirte Stelle aus einer Vorrede Rabelais' liest:

„Prédire seroit legierté à moy, comme à vous simplesse d'y ajouter foy. En „est encore, depuis la création d'Adam, nul homme qui en aye traicté „ou baillé chouse à quoi l'on doit acquiescer et arrêter en assurance."
(Prophezeihen zu wollen wäre Leichtsinn von mir, so wie von Euch, daran zu glauben. Denn seit Adam's Erschaffung hat es noch keinen Menschen gegeben, der Etwas vorherzusagen im Stande gewesen, worauf man vertrauen oder mit Sicherheit sich hätte verlassen können.)

*) Abergläubische Leute solcher wohlfeilen Kalenderprophezeihungen haben meinem Skepticismus den Umstand entgegengehalten, daß jedes Jahr einige von diesen Vorausverkündigungen einzutreffen pflegen. Aber sieht man denn nicht, daß die Fähigkeit **immer** das Falsche zu prophezeihen, ebenso viel werth wäre, wie die Fähigkeit, **immer** das Wahre zu treffen, weil das Eine der Gegensatz des Andern ist? Uebrigens ist eine richtige Bemerkung, daß bei dergleichen astrologischen Verkündigungen oder Regeln, von hundert Fällen ein Fall des Eintreffens mehr Ein-

Ende zu machen, beantragte ein angesehener Gelehrter, anstatt solcher Prophezeihungen lieber faßliche, klare und zuverlässige Notizen über Gegenstände aufzunehmen, die für das Publikum von Interesse wären. Die vorgeschlagene Reform ward versucht, allein der Absatz des Kalenders und damit das Einkommen der Akademie erlitt eine solche Einbuße, daß man sich nicht anders zu helfen wußte, als bei der früheren Einrichtung zu bleiben und Vorhersagungen zu geben, an welche ihre Verfasser selbst am wenigsten glaubten.

Neunundvierzigstes Kapitel.

Ephemeriden und Jahrbücher (Annuaires).

Ephemeriden oder astronomische Jahrbücher sind Tafeln, in denen zum Voraus die himmlischen Erscheinungen bekannt gemacht werden, welche in jedem Jahre eintreten, und der Aufmerksamkeit der Beobachter würdig sind. Die nautischen Ephemeriden bilden einen Theil der astronomischen Jahrbücher, und enthalten alle Phänomene, deren Beobachtung dem Seefahrer von Nutzen sein kann, um die Länge und die Breite seines Schiffes auf allen Punkten des Erdballs zu bestimmen.

Man wird vielleicht nicht ungern hier ein Verzeichniß der Jahre sehen, für welche im Voraus Ephemeriden berechnet und veröffentlicht worden sind:

1474, Regiomontanus;

Im sechszehnten Jahrhundert, Andr. Perlach, Magini u. s. w.

---

druck auf den Geist oder das Gedächtniß zu machen pflegt, als die neunundneunzig fehlgeschlagenen Fälle, welche unbeachtet vorübergehen. Auch die Lage oder Stellung der von einer Voraussagung betroffenen Persönlichkeiten spielt dabei eine sehr wichtige Rolle. So stand in dem Lansbergischen Almanach für 1774, daß eine der am meisten begünstigten Damen im Monate April ihre letzte Rolle spielen werde. Und gerade im April wurde Ludwig XV. von den Blattern ergriffen und Madame Dubarry mußte Versailles verlassen. Natürlicherweise gewann der Lütticher Kalender infolge dieses Zusammentreffens doppelt an Credit beim Publikum.

Zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts, Keppler, Simon Marius, u. s. w.

Nach 1636, Hodierna, Malvasia, Montanari, Dominicus Cassini;

1678 gab Picard für das folgende Jahr die Connaissance des Temps heraus, eine bis heute fortgeführte Sammlung, unter der successiven Leitung von Lefèbre, Lieutaud, Godin, Maraldi, Lalande, Jeaurat, Méchain und dem Längenbureau;

Für die Jahre 1715 bis 1744, Philipp Desplaces;

Von 1721 bis 1724, Parker;

Von 1726 bis 1786, die bologneser Ephemeriden, Eustachio Manfredi;

Von 1745 bis 1774, Lacaille;

Seit 1749, das berliner Jahrbuch, bis auf den heutigen Tag fortgesetzt mit verschiedenen Veränderungen in der Form und selbst in der Sprache;

1754, Stand des Himmels, von Pingré;

1757, die wiener Ephemeriden, vom Pater Hell begonnen;

1767, der Nautical Almanac, von Maskelyne begründet und bis heute fortgesetzt;

1774, die mailänder Ephemeriden, gleichfalls noch jetzt erscheinend.

Die abgekürzten Ephemeriden oder Jahrbücher (Annuaires) haben sich in den letzten Jahren ungemein vervielfältigt. Verschiedene Sternwarten und Akademieen veröffentlichen deren in größerer oder geringerer Ausdehnung, im Allgemeinen nach dem Muster des vom Längenbureau herausgegebenen Annuaire du Bureau des Longitudes, welches seit dem Jahre 1797 erschienen und ohne Unterbrechung bis zum gegenwärtigen Jahre fortgesetzt worden ist. Aufsätze über verschiedene wissenschaftliche Gegenstände (Notices scientifiques) haben den Umfang dieses Jahrbuchs zuweilen beträchtlich vermehrt: so enthielt der Jahrgang von 1797 nur 72 Seiten, während das Annuaire von 1838 z. B. 632 Seiten stark ist*).

*) Es ist die Pflicht des deutschen Herausgebers, hier ausdrücklich hervorzuheben, daß die für ein größeres Publikum bestimmten wissenschaftlichen Aufsätze, welche fast dreißig Jahre lang (1824—1853) das Jahrbuch des Längenbureau zierten, und demselben einen ausgebreiteten Leserkreis erwarben, von Arago selbst verfaßt sind. Anm. d. deutsch. Ausg.

Funfzigstes Kapitel.

Ueber die Messung der Zeit durch die Bewegung der Sonne. — Aufstellung der Gnomonen und der Sonnenuhren. — Bestimmung der Lage eines Ortes. — Gebrauch der Ephemeriden. — Der Octant. — Der Sextant. — Der Reflexionskreis. — Depression des Horizontes. — Nautische Astronomie.

Viele Personen schätzen den Nutzen der Astronomie blos nach den directen Diensten, welche sie zur Messung der Zeit und zur Bestimmung der relativen Lage der verschiedenen Orte auf der Oberfläche unserer Erde leistet. Es dürfte deshalb nicht überflüssig sein, hier auf die Anwendungen der astronomischen Begriffe und Methoden für die Zwecke oder Bedürfnisse des gesellschaftlichen Lebens etwas näher einzugehen.

Wir haben früher gesehen, daß die Messung der Zeit auf die Bewegung der Sonne gegründet ist, und daß man zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Meridian eines Ortes 24 Stunden zählt; man erhält auf diese Weise die wahre Zeit an einem bestimmten Tage, und hat noch eine Correction hinzuzufügen, um die mittlere Zeit zu berechnen, deren man sich nach allgemeiner Uebereinkunft im bürgerlichen Leben bedient. Ist man also im Besitze einer Uhr, so genügt zur Regulirung derselben die Beobachtung des Augenblickes, wo die Sonne im Meridian steht, wenn man als Correction den Werth der sogenannten Zeitgleichung*) anbringt, den man für jeden Tag in der Connaissance des Temps und im Annuaire du Bureau des Longitudes angegeben findet. Hat man ein Meridianfernrohr zu seiner Verfügung, so ist der genaue Augenblick für den Durchgang des Sonnenmittelpunkts durch den Meridian leicht zu erhalten, indem man die aufeinanderfolgenden Durchgänge der beiden äußersten Ränder der Sonnenscheibe mit dem gedachten Instrumente beobachtet.

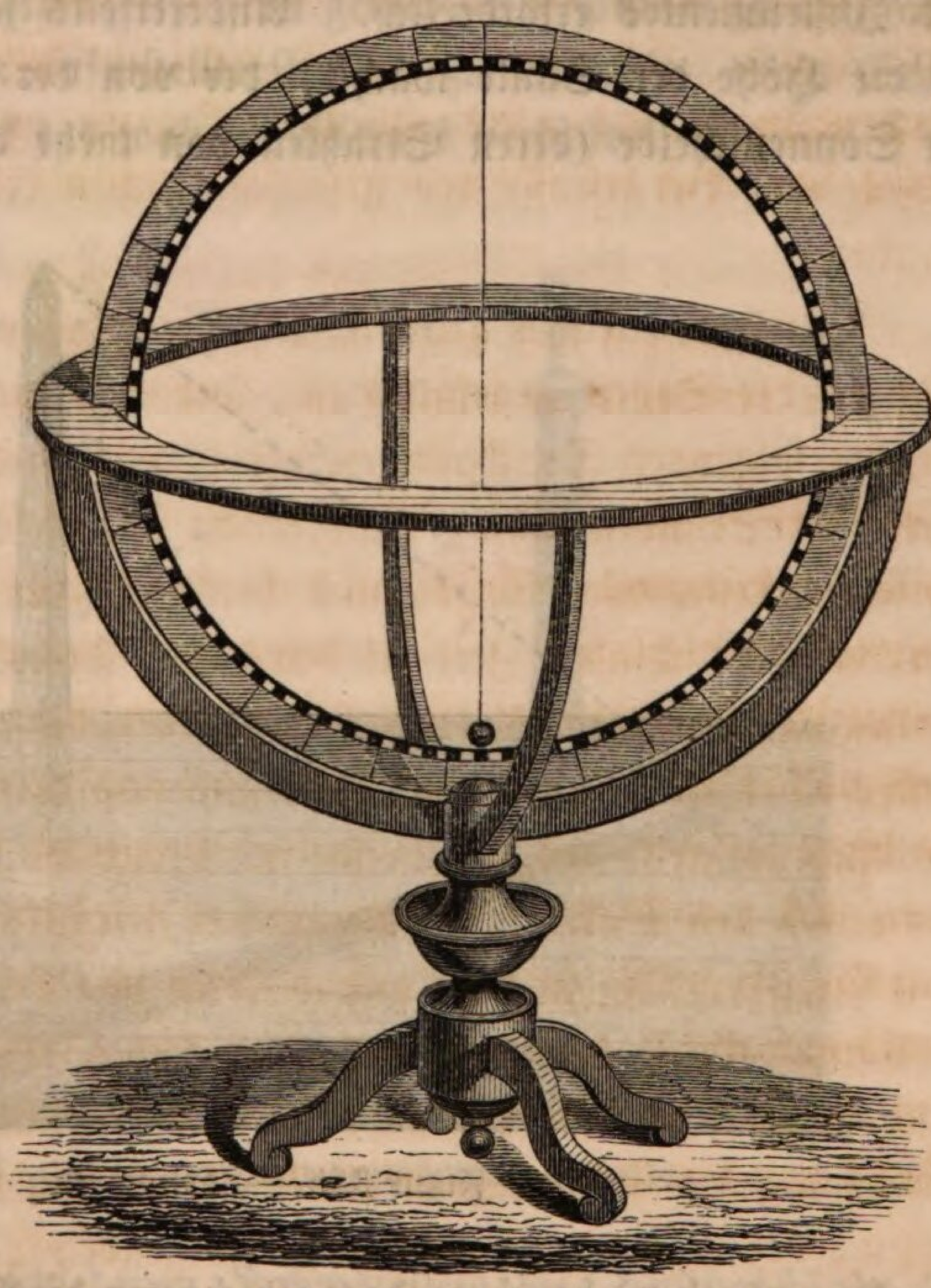
Die Alten, denen die Fernröhre unbekannt waren, konnten die Zeit des wahren Mittags mit Hülfe von Instrumenten genau erhalten, welche noch jetzt zuweilen angewendet werden; ich meine die Armillen und

---

*) Siehe den 1. Band der Astronomie, Buch 7, Kap. 13, S. 251.

die Gnomonen, beide gegründet auf die Beobachtung der Schattenlänge von Gegenständen, welche in verticalen Ebenen aufgestellt von den Sonnenstrahlen beschienen werden.

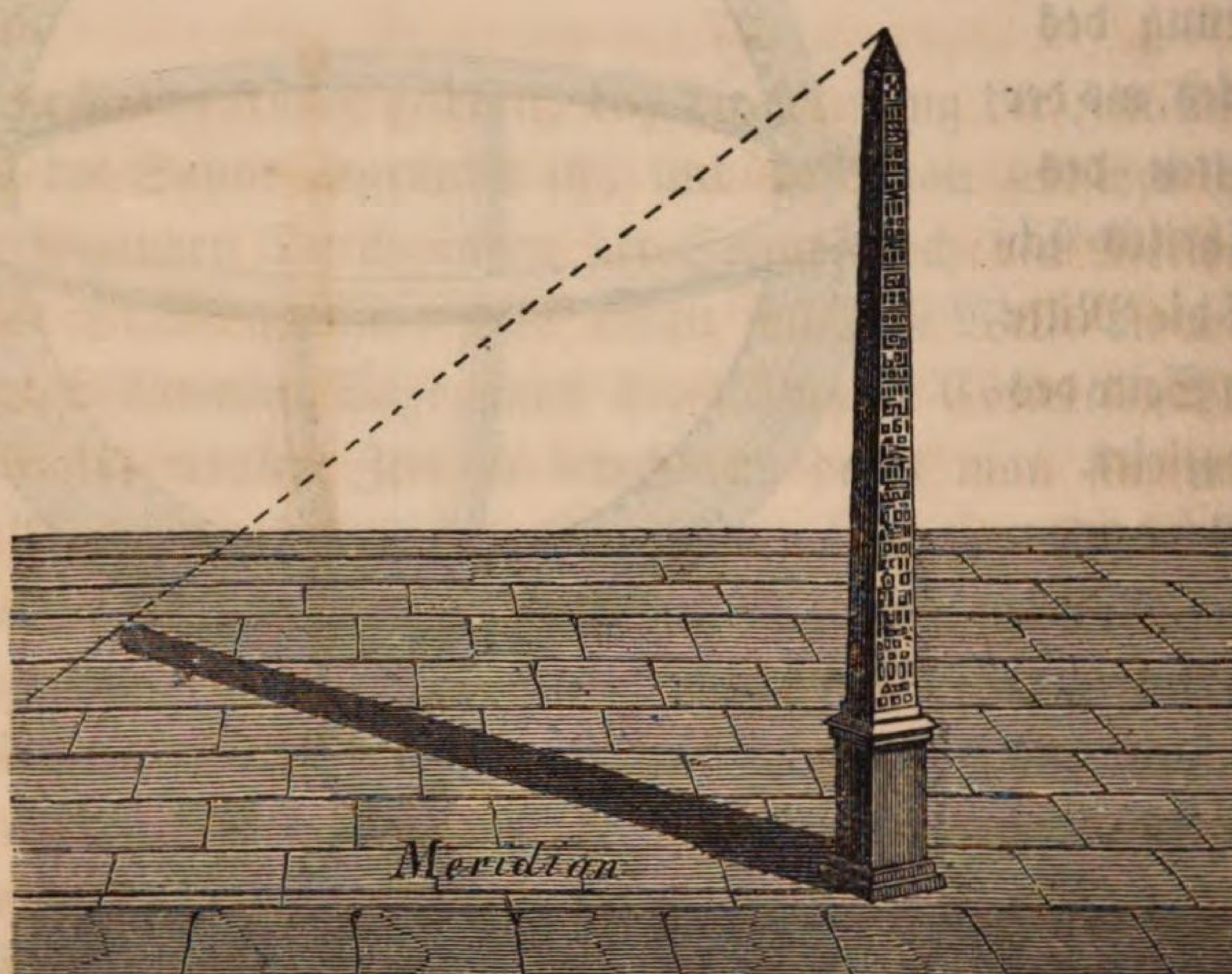
Die Armille (von armilla, Ring oder Armband) wird durch zwei Kreise gebildet (Fig. 354), einen horizontalen auf vier Stützen ruhenden, und einen verticalen, welcher unten am Fuße des Instruments, und seitlich in zwei gegenüberstehenden (nördlich und südlich) am Horizonte angebrachten Einschnitten befestigt ist. Wird nun der Verticalkreis im Meridian aufgestellt, so bekommt man den wahren Mittag durch Beobachtung des Augenblickes, wo der Kernschatten des vordern Theiles sich genau auf die Mitte der hintern Seite des Kreises projicirt.


Figur 354. — Armille.

Der Gnomon (vom griech. Worte γνώμων, Anzeiger) besteht einfach aus einem aufgerichteten Stabe, einem Obelisken oder einer vertical aufgestellten Säule (Fig. 355). Im Augenblicke des wahren Mittags hat der geworfene Schatten seine kleinste Länge; auch kann man mit dem Gnomon eine angenäherte Bestimmung der Ebene des Meridians erhalten, wenn man die horizontale Projection des Schattens im Momente des Auf- und des Untergangs der Sonne beobachtet, und die Ebene sucht, welche die beiden gewonnenen Richtungen halbirt. Das

Verhältniß der projicirten Schattenlänge zur Höhe des Gnomons gibt die trigonometrische Tangente des Zenithabstandes der Sonne, und der Winkel des Schattens mit der Mittagslinie ist ihrem jedesmaligen Azimute gleich. Beobachtet man den Gnomon vor und nach Mittag unter zwei gleichen Azimutalwinkeln, so erhält man den wahren Mittag als die Mitte zwischen beiden Beobachtungszeiten.

Damit die mit dem Gnomon angestellten Beobachtungen eine gewisse Genauigkeit haben können, sind ziemlich bedeutende Dimensionen des Instrumentes erforderlich. Andererseits jedoch macht, je weiter die Höhe der Säule wächst, der von der ausgedehnten Gestalt der Sonnenscheibe (deren Strahlen von mehr als einem leuchtenden



Figur 355. — Gnomon.

Punkte ausgehen) herrührende Halbschatten die Bestimmung des Kernschattens immer ungewisser. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man am obern Ende des schattenwerfenden Stabes eine kleine in der Mitte durchbohrte Scheibe angebracht, so daß die Oeffnung genau in der Axe des Stabes liegt (Fig. 356). Die durch diese

---

*) Siehe den 1. Band der Astronomie, 6. Buch, 1. Kap. S. 185.

Oeffnung fallenden Sonnenstrahlen bringen mitten in der Schattenprojection der Scheibe einen erleuchteten Raum hervor, welcher sehr deutlich gerade an der Stelle erscheint, wo das in gleicher Höhe mit der Oeffnung in der Scheibe befindliche Stabende einen verwaschenen und deshalb nicht scharf zu beobachtenden Schatten gegeben haben würde. Setzt man ferner eine Glaslinse an die Stelle der durchbohrten Scheibe, so werden sich begreiflicherweise im Brennpunkte dieser Linse die Sonnenstrahlen concentriren, und man kann dadurch eine Temperaturerhöhung erzeugen, groß genug, um Pulver zu entzünden und eine im Meridian aufgestellte Kanone zu entladen, deren Schuß folglich den Augenblick des wahren Mittags verkündet.

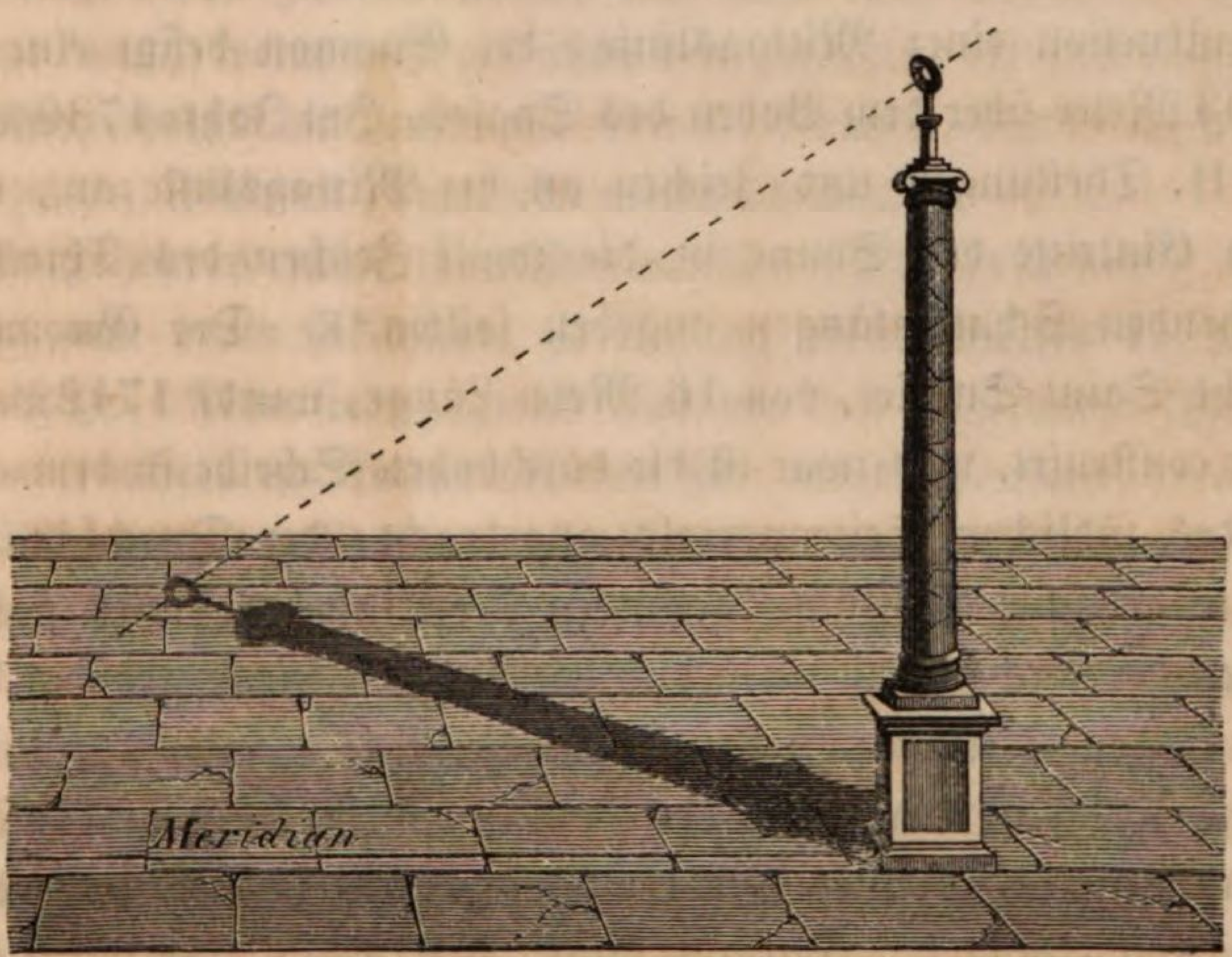


Fig. 356. — Gnomon mit durchbohrter Scheibe.

Da in den verschiedenen Jahreszeiten die Zenithabstände der Sonne verschieden sind, so kann der Gnomon dazu dienen, um nach der Länge des projicirten Schattens die Rückkehr der Jahreszeiten zu bemessen.

Bei allen Völkern des Alterthums sind die Gnomone sehr gebräuchlich gewesen; einige haben durch ihre beträchtliche Höhe eine besondere Berühmtheit erlangt. Unter der Regierung des Kaisers

Augustus wurde der große Obelisk des Sesostris von 34 Meter (117 röm. Fuß) Länge in Rom auf dem Marsfelde aufgestellt, um daran, wie Plinius sagt, die Länge der Tage und Nächte zu erkennen. Im Jahre 1278 ließ der Astronom Koschuking zu Peking einen Gnomon von 40 Fuß Höhe errichten. Paul Toscanelli construirte um 1467 in der Kuppel der Kathedrale zu Florenz einen Gnomon 277 Fuß über dem Fußboden der Kirche, den größten aller bekannten Gnomone. In der Kirche des heiligen Petronius zu Bologna errichtete Dominicus Cassini im Jahre 1653 einen Gnomon, dessen Scheibe ungefähr 27 Meter über dem Boden angebracht war, in gleicher Höhe mit dem Anfange des Gewölbes. Picard begann im Jahre 1669 im großen Saale des pariser Observatoriums von 31,6 Meter Länge die Construction einer Mittagslinie; der Gnomon besitzt eine Höhe von 9,93 Meter über dem Boden des Saales. Im Jahre 1730 brachte Cassini II. Theilungen und Zeichen an der Mittagslinie an, welche die dem Eintritte der Sonne in die zwölf Zeichen des Thierkreises entsprechenden Schattenlängen angeben sollten*). Der Gnomon in der Kirche Saint-Sulpice, von 16 Meter Länge, wurde 1742 von Lemonnier construirt, und zwar ist die durchbohrte Scheibe in dem oberen Theile des südlichen Seitenportals angebracht; der Durchschnitt der durch die gedachte Oeffnung gehenden Meridianebene wird auf dem Fußboden der Kirche durch einen das Gebäude in seiner größten Länge durchlaufenden Streifen von Kupfer angezeigt.

Die scheinbare Bewegung der Sonne geschieht jeden Tag in gleichförmiger Weise längs eines auf der Weltaxe senkrechtstehenden Kreises an der Himmelskugel. Daraus folgt, daß wenn man durch irgend einen Punkt der Erde eine Linie parallel zur Weltaxe zieht, diese gerade Linie und der Ort der Sonne in einer Ebene liegen, welche in 24 Stunden 360 Grade zurücklegt. Um 12 Uhr im Meridian, wird eine Stunde nach Mittag die Sonne in einer um 15 Grad gegen den Meridian geneigten Ebene sich befinden, um 2 Uhr stehet sie in einer um 30° abweichenden Ebene, u. s. w. Von allen diesen durch die Weltaxe gehenden Ebenen wird jede beliebige ebene oder gekrümmte,

*) Mémoires de l'Académie des sciences pour 1732, p. 452.

verticale, horizontale oder beliebig geneigte Fläche in verschiedenen Linien geschnitten, welche offenbar den verschiedenen Tagesstunden entsprechen. Wenn nun die der Weltaxe parallele Linie ein dünner Stab ist, so werden die Durchschnitte der durch die Sonne gelegten Ebenen mit einer beliebig gewählten Oberfläche mit den successiven Schattenprojectionen des Stabes identisch. Man erhält folglich eine Sonnenuhr, sobald man auf einer den Sonnenstrahlen ausgesetzten Fläche in geeigneter Weise einen der Weltaxe parallelen Stab oder Stift befestiget, und die Durchschnittscurven von Ebenen, die nach beiden Seiten hin Winkel von 15 zu 15 Graden mit dem Meridiane machen, auf der gegebenen Oberfläche mittelst geometrischer Methoden aufträgt. Ich brauche kaum zu erwähnen, daß man auch Theile der Stunden angeben kann, wenn man zwischen den gedachten Ebenen noch andere einschaltet, welche die Intervalle von 15 Graden eben so theilen, wie die einzelnen Stunden eingetheilt werden sollen.

Vorstehendes enthält das Wesentliche der Theorie der Sonnenuhren, von deren Geschichte zu Anfang dieses Werkes die Rede gewesen ist*). Man sieht zugleich aus der dort gegebenen Figur, daß die Sonnenuhren im Grunde Nichts sind als Gnomonen, deren Stab in der Richtung der Weltaxe aufgestellt ist: diese Richtung aber ergibt sich nach dem Früheren für jeden Ort der Erde, wenn man in der Ebene des Meridians eine Linie bestimmt, deren Neigung der geographischen Breite gleich ist.

Seitdem durch Erfindung der Fernröhre die Beobachtungen zu einer weit höheren Stufe der Genauigkeit gelangt sind, haben die im Vorhergehenden beschriebenen Instrumente den größten Theil ihres Interesses verloren. Um eine Uhr zu reguliren ist es ausreichend, mit einem Theodoliten zwei correspondirende Sonnenhöhen**) vor und nach dem Durchgang durch den Meridian zu nehmen, und wenn die Breite des Beobachtungsortes bereits bekannt ist, so genügt selbst die Messung einer einzigen Höhe der Sonne über dem Horizont, zu einer beliebigen Stunde des Tages angestellt, um die genaue Zeit

---

*) Siehe im 1. Bande der Astronomie, Buch 2, Kap. 5, S. 39, nebst Fig. 15.
**) Siehe im 1. Bande der Astronomie, Buch 6, Kap. 3, S. 192.

durch Rechnung zu finden, indem man die Declination der Sonne für den betreffenden Zeitpunkt aus der Connaissance des Temps entlehnt.

Sobald sich für einen gegebenen Ort die Zeit ohne Schwierigkeit bestimmen läßt, so ist nach der ausführlichen Darstellung in dem der Erde gewidmeten Buche*) klar, daß auf dem festen Lande der Astronom mit Hülfe seiner Instrumente und der Connaissance des Temps seine Position auf der Erdoberfläche stets genau finden kann. Denn nachdem die Breite oder die Polhöhe, und die Zeit für einen gegebenen Moment ermittelt ist, so bedarf es nur der einfachen Beobachtung etwa des Abstandes eines Sterns von der Sonne oder dem Monde, um aus den Tafeln der Connaissance des Temps die demselben Moment entsprechende pariser Zeit zu berechnen, worauf die Vergleichung der beiden Zeiten die Länge des Orts ergibt. Mit Länge und Breite aber, d. h. mittelst der beiden geographischen Coordinaten des Ortes, findet man augenblicklich seine Lage auf der Karte.

Genau der nämlichen Methoden würde auch der Seefahrer sich bedienen können, um die Lage seines Schiffes an jedem Tage und zu jeder Stunde zu bestimmen, wenn es möglich wäre, Theodoliten und Repetitionskreis, die astronomische Uhr, ferner die Quadranten oder die andern großen Instrumente der Sternwarten auf einem Schiffe aufzustellen. Das beständige Schwanken eines auf dem Meere schwimmenden Fahrzeuges verbietet die Anwendung des Bleilothes und der Wasserwage, welche für den Gebrauch der gewöhnlichen astronomischen Instrumente unentbehrlich sind, so daß man sich nach neuen für einen in continuirlicher Bewegung befindlichen Standpunkt geeigneten Instrumenten hat umsehen müssen. Wir haben bereits erörtert, daß die festen Pendeluhren durch Marineuhren, Chronometer, Zeitmesser, ersetzt worden sind, denen die geschicktesten Uhrmacher Frankreichs und Englands, wie Berthoud, Breguet, Emery, Mudge, u. A. eine ausnehmende Genauigkeit und überraschende Gleichmäßigkeit gegeben haben. Um die Höhe eines Sternes oder den Abstand zweier Sterne von einander zu messen, wurden bereits im 15. Jahrhundert der Jacobsstab (arbalestrille) und der englische Qua-

*) Siehe den 3. Band der Astronomie, Buch 20, Kap. 19 u. 20, S. 196—228.

drant (Davidsquadrant, quartier anglais) erfunden. Der Jacobsstab bildete eine Art von Kreuz, bei welchem das Querstück, Hammer genannt, am langen Balken, dem Pfeile, sich auf und ab bewegte; legte man nun das Auge an das Ende des Balkens, und stellte das Instrument vertical so ein, daß das eine Ende des Querstückes nach dem Meereshorizonte, uud das andere nach dem Sonnenrande gerichtet war, so entsprachen die beiden Gesichtslinien genau dem Winkel zwischen Sonne und Horizont, und die auf dem Balken angebrachte Theilung gab die Höhe der Sonne ohne weitere Rechnung. Der englische Quadrant bestand aus zwei concentrischen Kreisbogen, von ungleichem Halbmesser, die in einer und derselben Ebene lagen. Im Mittelpunkte befand sich ein Diopter, durch welches der Beobachter nach dem Meereshorizonte visirte; ein bewegliches Diopter auf dem kleinen Bogen wurde alsdann so weit verschoben, bis das durch dasselbe auf das Diopter im Mittelpunkte fallende Bild nach einem dritten auf dem größeren Bogen befindlichen Diopter reflectirt wurde, an welchem letzteren das Auge beobachtete; die Summe der beiden zwischenliegenden Bogen war der Höhe der Sonne gleich, sowie die zwei übrigbleibenden Bogen der Zenithdistanz.

Beiden eben beschriebenen Instrumenten fehlte es an Genauigkeit und an leichter Handhabung, obgleich man ihre Einrichtung insofern verbesserte, daß statt des directen Sonnenlichtes dadurch erzeugte Schatten beobachtet wurden. Später wurden sie indessen mit Vortheil durch die Reflexionsinstrumente, deren erste Idee von Newton stammt, ersetzt, nämlich durch den Octanten, den Sextanten und den Reflexionskreis. Seit der Abhandlung Hadley's aus dem Jahre 1731 über diese neuen Instrumente, haben dieselben bei den Seefahrern aller Nationen Eingang gefunden. Wir wollen zunächst das Princip erörtern, auf welchem die Reflexionsinstrumente beruhen.

Denken wir uns in M V (Fig. 357) einen festen Spiegel mit parallelen Flächen aufgestellt, welcher nur in der Hälfte seiner Höhe belegt ist, und deshalb sowohl die durchgehenden Strahlen H I O, als die reflectirten Strahlen K I O nach einem Fernrohre oder Diopter L gelangen läßt. Sei ferner ein vollständig belegter und um den Punkt K beweglicher Spiegel A N ursprünglich parallel zu M V gestellt: so wird

ein parallel zu H I auf A N fallender Lichtstrahl S K offenbar in einer Linie K I und hierauf in der Richtung I O reflectirt, dergestalt daß nach dieser doppelten Brechung der Strahl mit dem directen Strahle H I O zusammenfällt. Dies folgt mit Nothwendigkeit aus der Theorie der Parallellinien, verbunden mit der Eigenschaft des Lichtes, wonach die Winkel der einfallenden und der reflectirten Lichtstrahlen mit der zurückwerfenden Fläche gleich sind*). Außerdem ist klar, daß die Ebenen der beiden Spiegel auf der Ebene der einfallenden Strahlen H I und S K senkrecht sein müssen. Gesetzt nun, ein anderer Lichtstrahl E K falle auf den Spiegel A N, so können wir letzteren so weit, d. h. bis zur Stellung A′ N′ drehen, daß der Lichtstrahl E K den Weg E K I O durchläuft und nach zwei Reflexionen gleichfalls mit H I O zusammenfällt. Offenbar ist hierbei

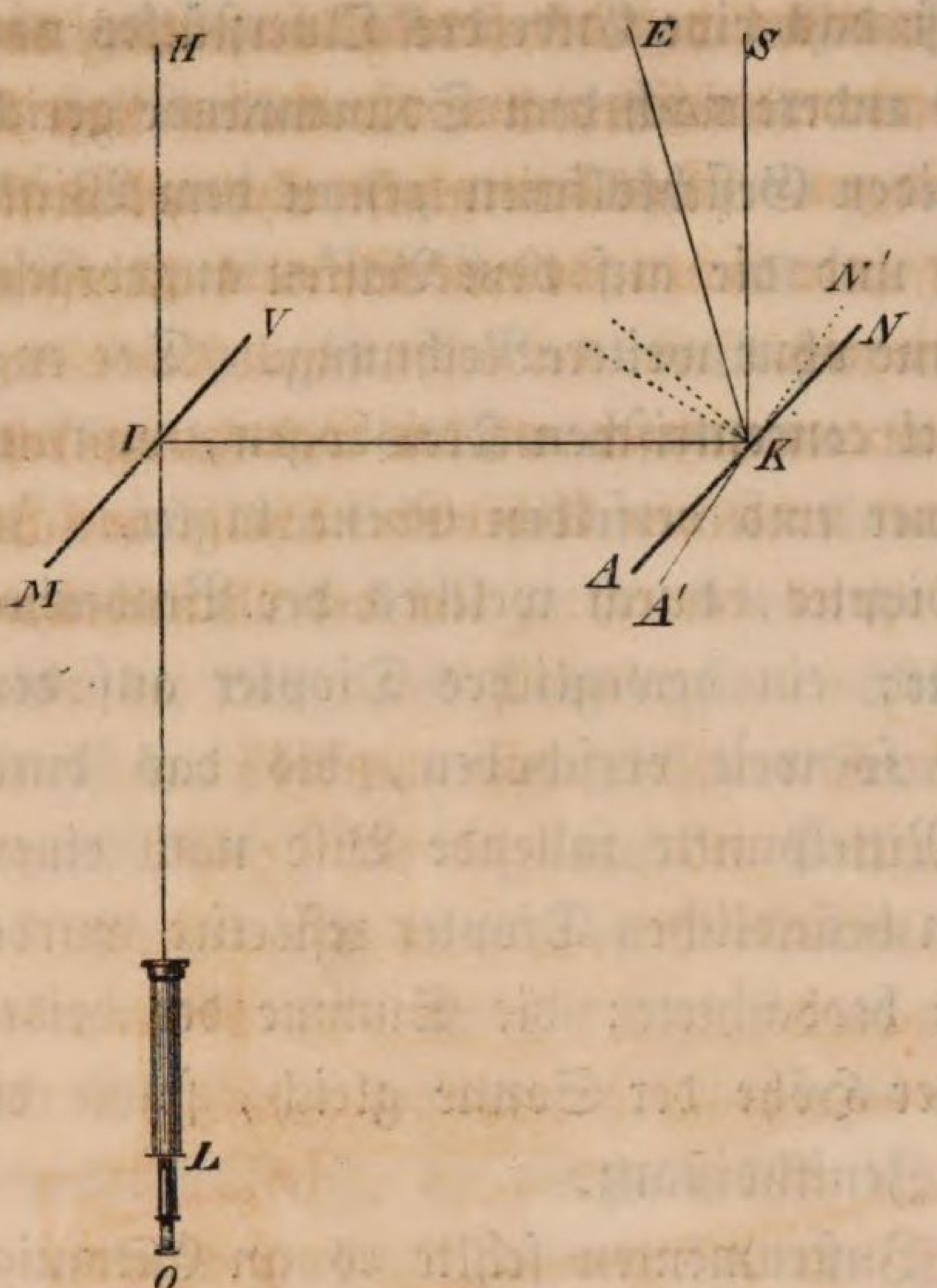


Fig. 357. — Princip der Reflexionsinstrumente.

$$E K S = E K N' + N' K N - S K N;$$

ferner hat man wegen der erwähnten Eigenschaft der zurückgeworfenen Strahlen

$$S K N = I K A, \quad E K N' = I K A',$$

und folglich auch

$$E K S = I K A' + N' K N - I K A.$$

Aber

*) Siehe im 1. Bande der Astronomie Buch 1, Kap. 9, S. 22 bis 26, nebst Buch 3, Kap. 2, S. 65.

$$IKA' - IKA = AKA' = N'KN,$$

so daß schließlich die Gleichung

$$EKS = 2\,N'KN$$

hervorgeht, d. h. der Winkel der beiden Strahlen E K und S K ist doppelt so groß als der Winkel, um welchen der bewegliche, ganz belegte Spiegel A N hat gedreht werden müssen, um die Bilder von E und von H zur Coincidenz zu bringen. Der bewegliche Spiegel heißt der große: der andere feste, nur zum Theil belegte Spiegel dagegen führt den Namen des kleinen Spiegels.

Bei allen Reflexionsinstrumenten nimmt an der Bewegung des großen Spiegels eine mit Nonius versehene Alhidade Theil, welche sich längs eines getheilten Kreisbogens bewegt. Um der Multiplica-

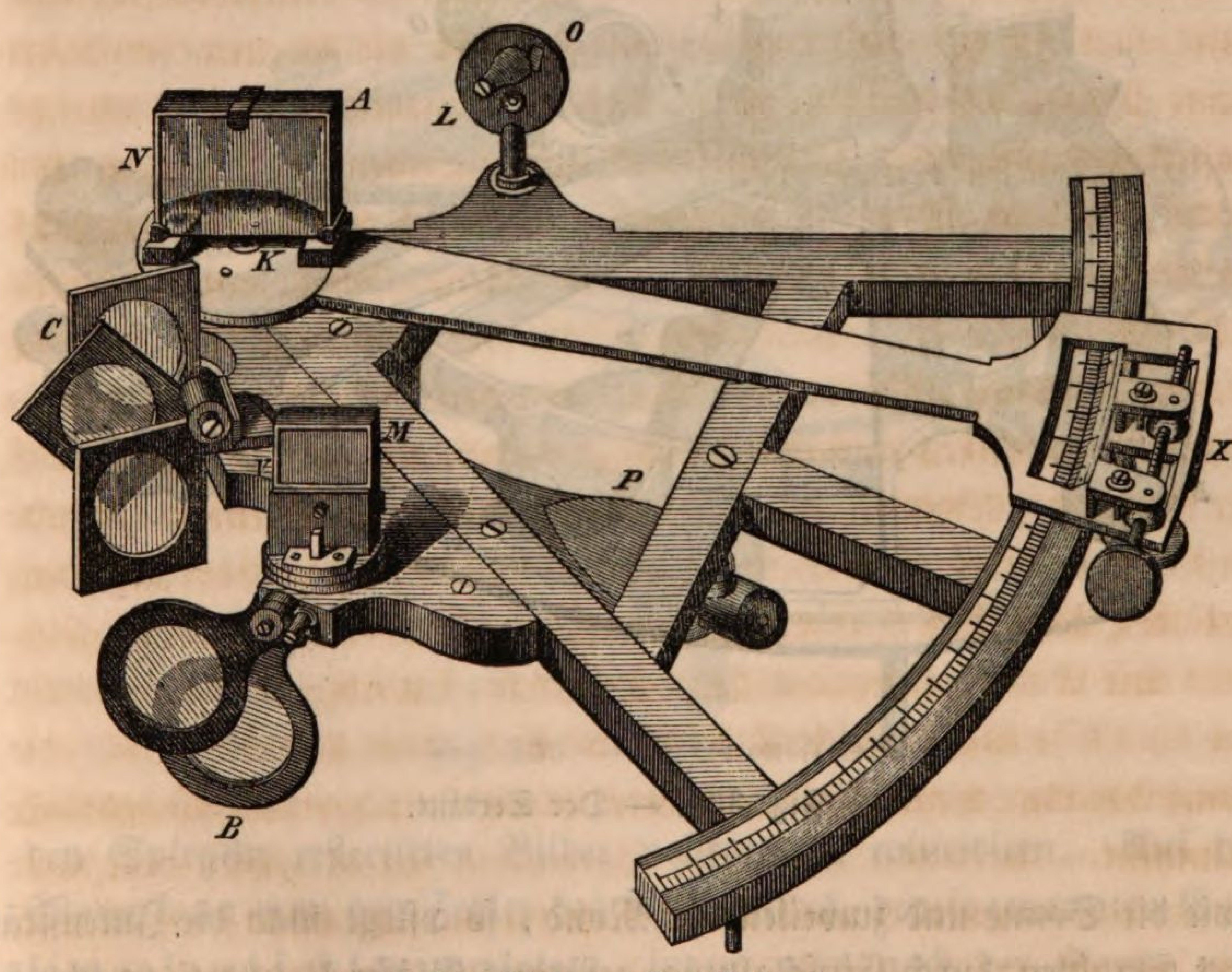


Fig. 358. — Der Octant.

tion des Winkels überhoben zu sein, sind auf diesem Kreise gleich die doppelten Werthe der wirklich durchlaufenen Winkeltheile angegeben.

Wenn der von der Alhidade des beweglichen Spiegels beschriebene Bogen 45 Grade oder den achten Theil des Kreisumfanges be-

trägt, so heißt das Instrument Octant (Fig. 358), und gestattet alle Winkel zwischen 0 und 90° zu messen. Dagegen erhält man den Sextanten (Fig. 359), wenn der getheilte Kreisbogen den sechsten Theil der Peripherie oder 60 Grade enthält, und folglich zur Messung von Winkelabständen bis zu 120° geeignet ist. Die in Frankreich von Gambey gebauten Sextanten gewähren eine wunderbare Genauigkeit und sind mit Recht berühmt.

Der Beobachter hält diese Instrumente an einem Griffe P in der rechten Hand, während die linke das Verschieben der Alhidade X besorgt. Visirt man nach Himmelskörpern von zu blendendem Lichte,

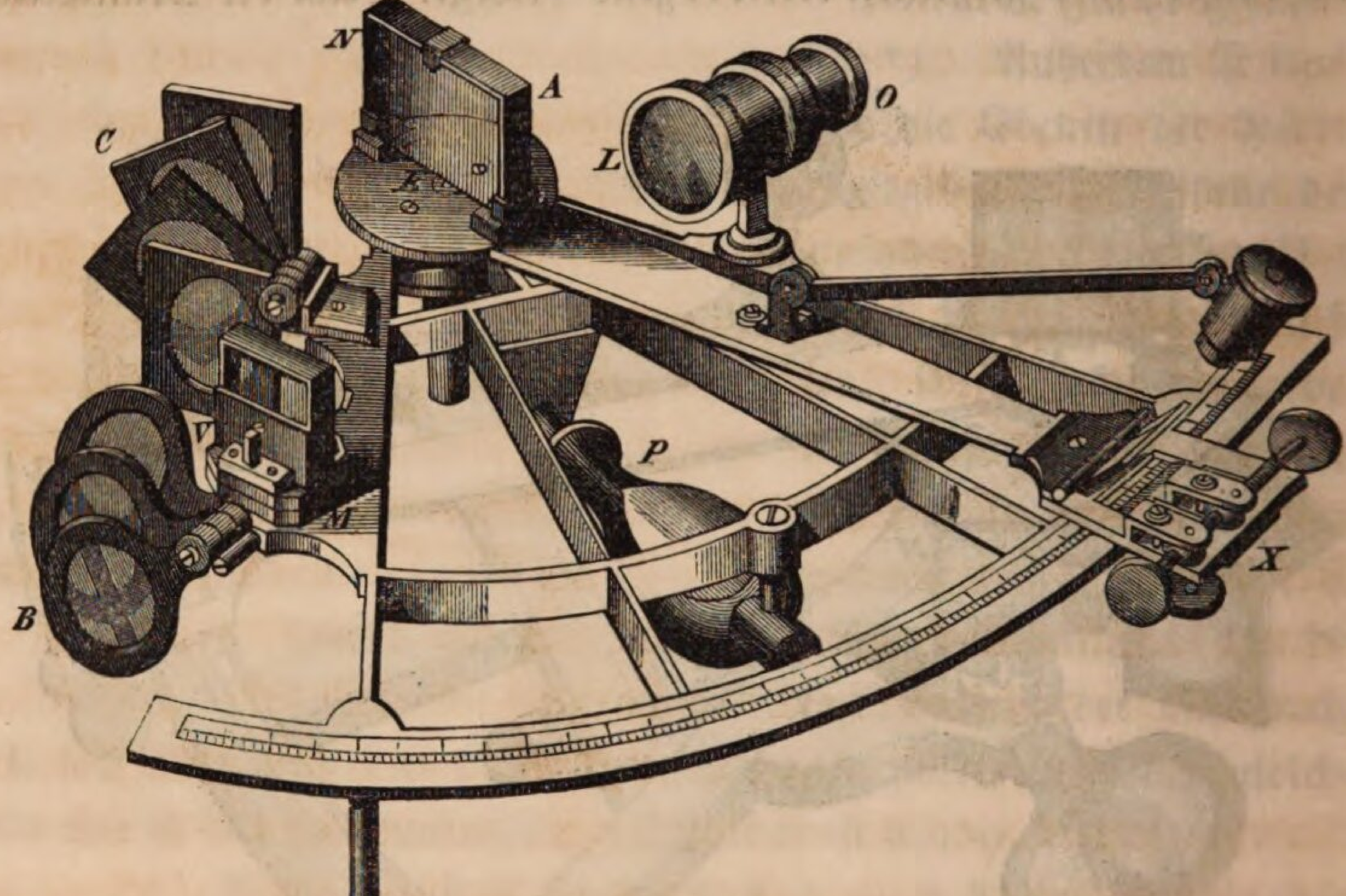


Fig. 359. — Der Sextant.

wie die Sonne und zuweilen der Mond, so pflegt man die Intensität der Strahlen durch Einschaltung gefärbter Gläser B und C zu schwächen, die an Charnieren beweglich sind.

Die vermittelst des Octanten oder des Sextanten ausgeführten Beobachtungen erfordern, daß die Ebenen der beiden Spiegel zur Ebene des getheilten Limbus vollkommen senkrecht stehen, und daß außerdem die Alhidade genau dem Nullpunkte der Theilung entspreche, sobald

die beiden Spiegel eine parallele Lage haben. Die etwa nöthigen Rectificationen geschehen sehr bequem durch Schrauben, die an den beiden Spiegeln angebracht sind. Man blickt in der Richtung des großen Spiegels, und ein wenig zur Seite, um zu gleicher Zeit den Kreisbogen direct und sein reflectirtes Bild zu sehen; beide Bogen müssen genau in ihrer gegenseitigen Verlängerung erscheinen. Ist dies erreicht, so stellt man die Alhidade auf den Nullpunkt der Theilung ein, und visirt nach einer fernen Spitze oder Stange, wie z. B. nach der Stange eines Blitzableiters, während das Instrument sich in einer zu diesem Gegenstande senkrechten Ebene befindet. Alsdann läßt sich der kleine Spiegel leicht in eine solche Lage bringen, daß die von bei-

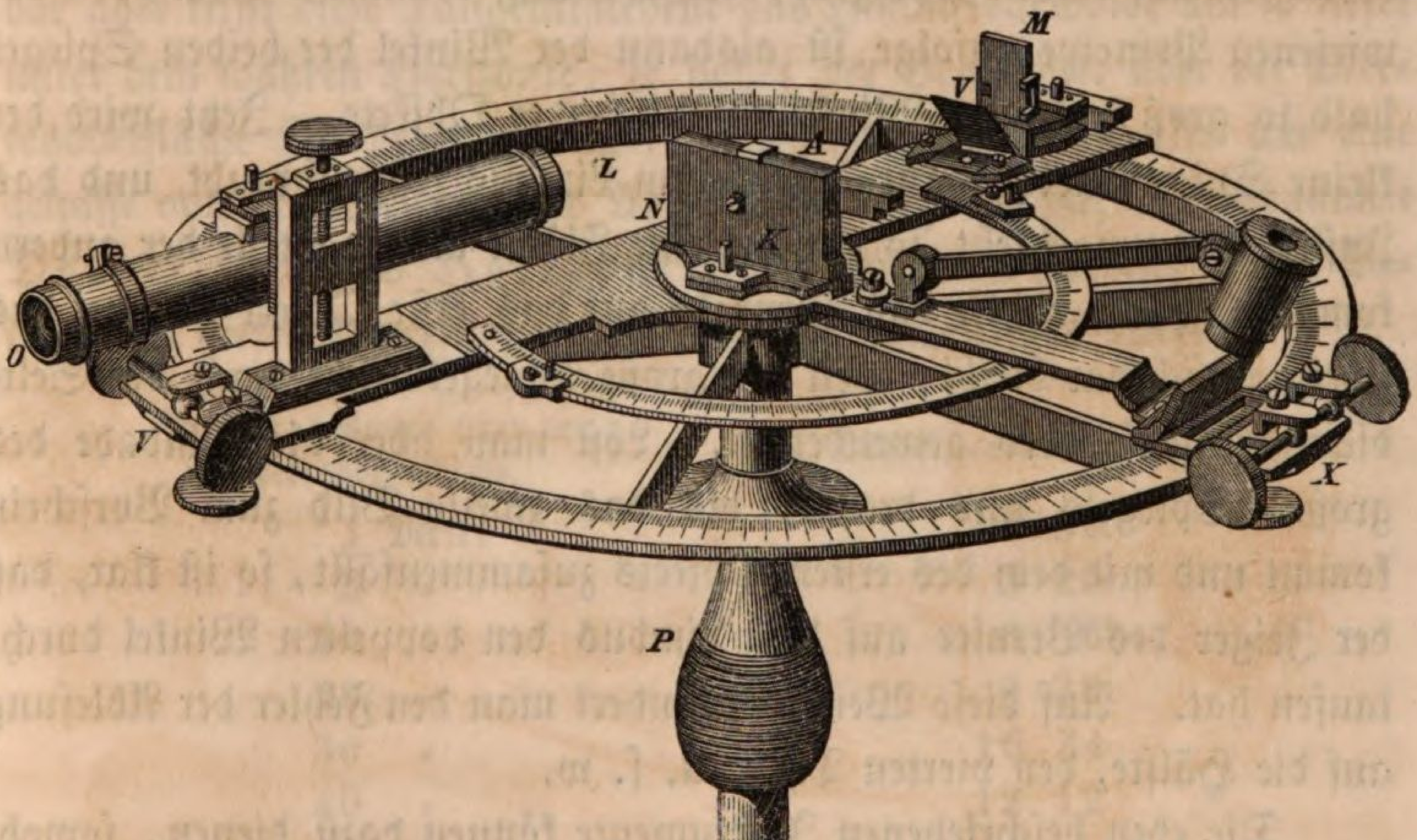


Fig. 360. — Reflexionskreis.

den Spiegeln reflectirten Bilder vollkommen coincidiren. Auf dem Meere kann man den Fehler des Nullpunktes, den sogenannten Collimationsfehler corrigiren, indem man nach der Sonne visirt und das reflectirte Bild successive mit den entgegengesetzten Rändern der Sonnenscheibe zur Berührung bringt.

Borda hat die Reflexionsinstrumente nicht unwesentlich modificirt, indem er das Princip der Repetition darauf anwandte und die Einrichtung traf, daß die Beobachtungen von dem Collimations-

fehler unabhängig werden. Bei dem von ihm angegebenen Reflexions- oder Repetitionskreise (Fig. 360) ist das aus dem kleinen Spiegel M V und dem Fernrohre O L zusammengesetzte System nicht fest, wie beim Octanten und Sextanten, sondern läßt sich ganz um den Limbus herum bewegen, wobei eine Alhidade V V das Fernrohr begleitet. Außerdem bewegt sich unabhängig davon der große Spiegel A K N auf einem ganzen Kreise. Man stellt nun zunächst die Alhidade des großen Spiegels auf den Nullpunkt der Theilung ein und befestigt sie in diesem Punkte; hierauf wird das System des Fernrohrs und kleinen Spiegels gedreht, bis das Bild eines direct gesehenen Gegenstandes mit dem eines zweiten Objectes, nach doppelter Reflexion auf beiden Spiegeln, zur Deckung kommt. Dem oben bewiesenen Principe zufolge ist alsdann der Winkel der beiden Spiegel halb so groß, als der Winkelabstand beider Objecte. Jetzt wird der kleine Spiegel nebst Fernrohr an dem Limbus festgeschraubt, und das Instrument umgedreht, so daß die eine Fläche an die Stelle der andern kommt. Man richtet das Fernrohr auf das erste Object, wobei das zweite unsichtbar bleibt, weil der große Spiegel nicht nach der Seite dieses Gegenstandes gewendet ist. Löst man aber die Alhidade des großen Spiegels und drehet, bis das zweite Bild zum Vorschein kommt und mit dem des ersten Objects zusammenfällt, so ist klar, daß der Zeiger des Vernier auf dem Limbus den doppelten Winkel durchlaufen hat. Auf diese Weise vermindert man den Fehler der Ablesung auf die Hälfte, den vierten Theil, u. s. w.

Die eben beschriebenen Instrumente können dazu dienen, sowohl um die Höhe eines Gestirns über dem Horizonte zu finden, als die Winkeldistanz zweier Himmelskörper in einem gegebenen Augenblicke zu messen. Verbindet man diese Beobachtungen mit dem Gebrauche der in der Connaissance des Temps enthaltenen Tafeln, so erhält man also die Breite des Schiffes, die genaue Zeitbestimmung in wahrer oder in mittlerer Zeit, und endlich die Länge. Die Distanzen des Mondes von der Sonne, den großen Planeten und den helleren Fixsternen, wie Aldebaran, α Virginis, Pollux, Regulus, Antares, α Arietis, Fomalhaut, α Pegasi, α Aquilae, u. s. w., sowie die hauptsächlichsten Umstände der Finsternisse und Sternbedeckungen finden sich

in den Tafeln der Connaissance des Temps angegeben, und liefern ebensoviele leichte und sichere Mittel, um überall durch Sextantenbeobachtungen und mit Hülfe einer sehr einfachen Rechnung das einst so schwierige Problem der Längenbestimmung zu lösen, sobald als die Zeit eines Ortes und seine Breite durch Höhenbeobachtungen bekannt geworden sind.

Wenn man zur See die Höhe eines Gestirnes über dem Horizonte, wie z. B. Sonnenhöhen zu bestimmen hat, so mißt man zunächst den senkrechten Abstand des Gestirnes von einer durch das Auge des Beobachters an die runde, der Kugelgestalt der Erde entsprechende Oberfläche des Oceans, gelegten berührenden Ebene. Offenbar aber trifft diese Tangentialebene das Himmelsgewölbe um so tiefer unter dem wahren Horizonte, je höher der Beobachter über der Meeresoberfläche sich befindet. Die gemessene Höhe muß also um eine gewisse von der Stellung des Auges abhängige Größe, die sogenannte Depression des Horizontes, vermindert werden. Die Berechnung dieser Depression ergibt folgende numerischen Werthe:

Höhe des Auges über der Meeresoberfläche.	Depression des Horizontes.
1 Meter	1′ 56″
3 „	3 20
10 „	6 6
20 „	8 36
30 „	10 34
40 „	12 12

Dies sind in Kurzem die Principien der nautischen Astronomie, welche den Seefahrer in den Stand setzen, sich über die Zeit und die Lage des jedesmaligen Ortes, wo sich sein Schiff befindet, zu unterrichten, und damit über den Weg zu orientiren, den er durch die weiten, spurlosen Flächen des Oceans, fern vom festen Lande und von jedem irdischen, als Wegweiser dienenden Objecte, zu verfolgen hat, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Dieselben Principien bleiben vollständig anwendbar auch für Reisen auf dem festen Lande, wenn man nur den Meereshorizont durch einen aus Glas oder der Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit, wie Quecksilber oder Oel, bestehenden

künstlichen Horizont ersetzt. Alsdann muß man das Gestirn direct und im reflectirten Bilde beobachten, d. h. man mißt den Winkel zwischen dem unteren Rande der Scheibe des Himmelskörpers und dem Bilde desselben, wie es durch Reflexion im künstlichen Horizonte entsteht. Hieraus ergibt sich die doppelte Höhe des unteren Randes des beobachteten Gestirnes über dem Horizonte, welcher man noch den Betrag des scheinbaren Durchmessers hinzuzufügen hat, um die doppelte Höhe des Mittelpunkts des Gestirnes zu erhalten.

Das vorstehende Kapitel, dessen Einzelheiten allerdings ein wenig trocken sein mögen, beschließt die Erläuterungen, welche ich über den Kalender zu geben hatte, und ich denke, daß der Leser nunmehr eine Vorstellung davon gewonnen hat, wie es möglich ist, alle Ereignisse, die auf der Oberfläche unseres Planeten sich zutragen, in der Zeit zu fixiren. Es bleibt mir noch übrig, die Principien der populären Astronomie, welche ich so klar als möglich darzustellen bestrebt gewesen bin, durch einige Seiten zu ergänzen, in denen ich mich mit dem Leser successive auf die hauptsächlichsten Körper unseres Sonnensystems versetze, und ihm von diesen verschiedenen Standpunkten aus die Erscheinungen am Himmelsgewölbe zu erklären versuche.

Vierunddreißigstes Buch.

Uranographische Miscellen.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

Es ist nicht ohne Interesse, zu untersuchen, welche Schwierigkeiten der Mensch zu überwinden haben würde, um zur Kenntniß des Weltsystems zu gelangen, wenn er sich auf dem Monde, oder dem Jupiter, dem Saturn u. s. w. befände, und nur die von diesem speciellen Standpunkte aus anzustellenden Beobachtungen zu seiner Verfügung hätte. Meines Wissens ist Keppler der Erste gewesen, der die astronomischen Erscheinungen unter diesem Gesichtspunkte betrachtet hat.

Ich will hier Keppler's Beispiele zu folgen versuchen, in der Ueberzeugung, daß eine derartige Betrachtung, außer ihren merkwürdigen und höchst interessanten Ergebnissen, für die Liebhaber der Astronomie eine sehr zweckmäßige Uebung bietet.

Aeußerst fromme Personen sind auf den Gedanken gekommen, ob nicht eine sträfliche Uebertretung der Vorschriften der heiligen Schrift in der Untersuchung darüber liege, wie sich die Astronomie für einen auf den verschiedenen Planeten befindlichen Beobachter gestalten würde. Diese Ansicht kann ich nicht theilen; denn wenn wir uns einen Beobachter auf die einzelnen Planeten und selbst in den Mittelpunkt der Sonne versetzt denken, so sagen wir damit nicht, daß dort in der That solche den Bewohnern unseres Erdballes vergleichbare Geschöpfe existiren. Ueberdieß haben sehr gelehrte Theologen, wie z. B. der Doc-

tor Chalmers bewiesen, daß keine Stelle der heiligen Schrift der Annahme widerspricht, daß die Planeten bewohnt seien.

Zweites Kapitel.

Die Astronomie für einen im Mittelpunkte und auf der Oberfläche der Sonne befindlichen Beobachter.

Denjenigen, welche sich darüber verwundern sollten, wie es mir einfallen könne, die Erscheinungen am Firmamente für einen auf der Sonne befindlichen Beschauer zu beschreiben, muß ich entgegnen, daß eine derartige Annahme in keiner Weise zu der Consequenz berechtigt, daß dieses Gestirn bewohnt sei, bewohnt vornämlich durch Wesen menschlicher Gattung. Ich thue sogar nichts Anderes, als einem von verschiedenen geistlichen Schriftstellern mir gegebenen Beispiele folgen, wie z. B. vom Abbé Hervas y Panduro, Mitglied der Gesellschaft Jesu, in der Schrift Viago estatico al mundo planetario, gedruckt zu Madrid im Jahre 1763. Um endlich auch die furchtsamsten Gewissen zu beruhigen, füge ich hinzu, daß bereits im funfzehnten Jahrhunderte der Cardinal de Cusa ein Werk erscheinen ließ, in welchem er den Beweis zu führen suchte, daß die Sonne bewohnt sei.

Für einen Beobachter im Mittelpunkte des Sonnenkörpers erscheinen ebenso wie für den Beschauer auf der Erde alle Sterne an der Himmelskugel befestigt, mit dem Unterschiede jedoch, daß während von unserer Erde aus gesehen diese Kugel einer allgemeinen Bewegung von Osten nach Westen unterworfen zu sein scheint, in dem vorliegenden Falle das Firmament unverrückt verharrt. Die Astronomen auf der Erde haben aus jener raschen scheinbaren Bewegung eine Zeiteinheit (den siderischen Tag) abgeleitet, um den Gang ihrer Uhren danach zu reguliren und beim Studium der Himmelserscheinungen den vielfältigsten Gebrauch davon zu machen. Dieses Hülfsmittels beraubt, würde der Beobachter im Sonnenmittelpunkte, für dessen Auge die Sterne vollkommen unbeweglich sind, sich genöthigt sehen, etwa die Zeit, in welcher der Mond einen Umlauf um die Erde zurückzulegen scheint, zur Regulirung seiner Uhr zu benutzen. Uebrigens ließe sich

wohl kaum etwas Einfacheres denken, als die Astronomie für einen so gestellten Beobachter.

Die Lichtgestalten von Merkur und Venus, ein so bemerkenswerthes Phänomen für den Bewohner der Erde, können weder für diese beiden, noch für die übrigen Planeten stattfinden. Man würde folglich dieses Mittels entbehren, um zu entscheiden, ob die Planeten selbstleuchtende Körper sind oder nicht.

Ferner würden sich die Planeten sämmtlich in derselben Richtung, obwohl mit ungleicher Geschwindigkeit, durch die verschiedenen Sternbilder bewegen, ohne auf ihrem scheinbaren Laufe jemals stationär und rückläufig zu werden, welche Erscheinungen den Astronomen des Alterthums, wie den späteren Beobachtern lange Zeit große Verlegenheit bereiteten.

Von der Sonne aus könnte allerdings der Astronom durch Messungen der veränderlichen Planetendurchmesser mit einem sehr genauen Mikrometer die Distanzänderungen jedes Planeten bestimmen und bis zu einem gewissen Punkte finden, daß diese Himmelskörper sich nicht in Kreisen bewegen, allein es würde ihm kein Mittel zu Gebote stehen, um die absoluten Abstände, noch selbst um die Verhältnisse derselben zu entdecken. Für ihn würden demnach die schönen Gesetze Keppler's in einem verschlossenen Buche stehen. Zur Bestimmung der relativen Entfernungen der Planeten würde er keine Methode besitzen; höchstens könnte er auf dem Wege der Conjectur zu der Annahme gelangen, daß diejenigen Planeten der Sonne am nächsten stehen, welche die geringste Zeit brauchen, um zu denselben Firsternen zurückzukehren, und daß dagegen die entferntesten ihren Umlauf in der längsten Frist vollenden. So mag er schließen, daß Merkur der nächste und Saturn der entfernteste unter allen von Alters her bekannten Planeten ist.

Nicht wenig verbessern sich diese unvollkommenen Mittel der astronomischen Erkenntniß, wenn wir den Beobachter aus dem Mittelpunkte der Sonne auf ihre Oberfläche versetzen. Dann gehen die Sterne an den Grenzen des jedem Orte zukommenden Horizontes auf und unter; die Richtung dieser Bewegung ist für alle Sterne von Osten nach Westen, und der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auf- oder Untergängen enthaltene Zeitraum, mit andern Worten das Intervall zwi-

schen zwei successiven Durchgängen eines beliebigen Sternes durch den Meridian, beträgt constant 25,34 Tage. Folglich kann der Astronom jetzt die Messung der Zeit aus den beobachteten Bewegungen ableiten.

Es ist eben erwähnt worden, daß für den Beobachter auf der Oberfläche des Sonnenkörpers die Himmelskugel sich von Osten nach Westen zu drehen scheint; wir müssen hinzufügen, daß die Axe, um welche diese Rotationsbewegung vor sich geht, mit derjenigen, um die wir von der Erde aus den Himmel sich drehen sehen, keineswegs zusammenfällt; anstatt nach dem kleinen Bären gerichtet zu sein, geht die Pollinie durch den excentrischen Standpunkt des Beobachters in Bezug auf den Punkt, um welchen alle planetaren Bewegungen erfolgen, und es werden sich auf solche Weise Ungleichheiten dieser Bewegungen ergeben, die zur Ableitung der Entfernung jener verschiedenen Gestirne von der Sonne führen können.

Es wäre folglich möglich, daß ein Astronom blos vermittelst seiner auf der Oberfläche der Sonne angestellten Beobachtungen bis zu einem gewissen Punkte zur Kenntniß der Keppler'schen Gesetze gelangte.

Drittes Kapitel.

Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Merkur.

Fragen wir zuerst, unter welchem Winkel ein Astronom vom Merkur aus die Sonne erblicken würde, so ergibt sich leicht, daß während von der Oberfläche der Erde aus gesehen der mittlere Durchmesser dieses Himmelskörpers 30 Minuten beträgt, derselbe auf dem Merkur unter einem Winkel von 1° 17′ 30″ erscheinen muß. Einem Merkurbewohner erscheint folglich die Sonne als eine flache, leuchtende Scheibe, deren Oberfläche sich zur Größe der Sonnenscheibe auf der Erde wie 6,7 zu 1 verhält.

Da die Intensität des Sonnenlichtes im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung sich ändert, so steht der auf den Merkur fallende Theil dieses Lichtes zu der von einem gleich großen Stücke der Erdoberfläche empfangenen Portion im umgekehrten Ver-

hältnisse des Quadrats der Zahlen 0,387 und 1, d. h. im Verhältnisse von 6,67 zu 1. Also darf man auch voraussetzen, daß die von den Sonnenstrahlen ausgeübte Wärmewirkung auf dem Merkur weit größer ist, als auf unserer Erde. Wir werden uns indeß begnügen, in allgemeinen Ausdrücken diese höhere Temperatur des Merkur anzudeuten, weil zur Begründung einer numerischen Schätzung in Bezug auf einen bestimmten Theil des Planetenkörpers man nothwendigerweise die Constitution seiner Atmosphäre, vornämlich mit Rücksicht auf die Durchsichtigkeit derselben, genau kennen müßte.

Da Merkur sich in 24 St. 5 Min. (unserer Stunden) von Westen nach Osten um sich selbst dreht*), so besitzt das Firmament eine scheinbare Bewegung in der entgegengesetzten Richtung, und vollendet dabei eine vollständige Umdrehung in der nämlichen Zeit, in welcher ein bestimmter Horizont zu derselben Lage zurückkehrt, d. h. in 24 Stunden 5 Minuten.

Vom Merkur aus gesehen scheint die Sonne am Himmel sich zu bewegen, und in 87,97 oder fast 88 von unseren Tagen alle Constellationen zu durchlaufen; dies ist folglich der Zeitraum, welchen die Merkurbewohner ihr Jahr zu nennen haben.

Aequinoctien und Solstitien gibt es auf dem Merkur wie auf der Erde; die ersteren treten ein, wenn die Durchschnittslinie des Merkuräquators mit der Ebene seiner Bahn durch die Sonne geht; die Solstitien finden statt, wenn die Sonne sich um 90 Grade von den Aequinoctialpunkten entfernt hat.

Wir sahen, daß für den Abstand des Merkur der mittlere Sonnendurchmesser 1° 17′ 30″ beträgt: indeß schwankt dieser Werth beträchtlich hin und her, zwischen den Grenzen 1° 37′ 43″ im Maximum und 1° 4′ 14″ im Minimum. Da diese Schwankungen ersichtlicherweise mit den Distanzveränderungen des Planeten von der Sonne zusammenhängen, so kann die scheinbare Bahn des Licht spendenden Gestirnes um den Merkur keine Kreisbahn sein.

Wenn ein Beobachter auf dem Merkur über die Illusionen seiner Sinne so weit Herr zu werden vermöchte, um zu erkennen, daß die

*) Siehe im zweiten Bande der Astronomie, Buch 18, Kap. 4, S. 445.

scheinbare Bewegung der Sonne die nothwendige Folge seiner eigenen Umlaufsbewegung um diesen Himmelskörper ist, so würde er aus den unaufhörlichen Veränderungen des Sonnendurchmessers auf die relativen Werthe der Radiivectoren schließen, welche jedem Beobachtungstage entsprechen und daraus die Folgerung ziehen, daß sein Planet eine elliptische Bahn beschreibt, in deren Brennpunkte die Sonne steht.

Wir haben mit Absicht in diesem sehr kurzen Abrisse der Astronomie des Merkur kein Wort gesagt von all' dem Glänzenden und Lebendigen, was der Pater Athanasius Kircher bei seiner ekstatischen Reise nach diesem Planeten erblickte, noch von den günstigen Einflüssen in Bezug auf geistige und körperliche Geschicklichkeit, welche die Menschen bei ihrer Geburt durch die Wirkung des Merkur erfahren sollen.

Seine ekstatische Reise, so kleidet Pater Kircher seine Erzählung ein, habe er unter der Führung eines Genius gemacht, der ihn durch die Räume des Himmels und nach den verschiedenen Sternen geleitete, und nun berichtet er über alle Dinge, die er auf dieser wunderbaren Wanderung wahrgenommen. Aber seine Darstellung trägt überall die Spuren der astrologischen Träumereien jener Zeit, und der Irrthümer, von welchen die Astronomie im eigentlichen Sinne damals umlagert war. Ein anderes Werk desselben Verfassers, seine Ars magna lucis et umbrae, verdient, obgleich nicht völlig frei von Unklarheit, dennoch weit mehr als seine ekstatische Reise die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich zu ziehen.

Viertes Kapitel.

Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Jupiter.

Vom Jupiter aus gesehen erscheint die Sonne unter der Gestalt einer kreisrunden Scheibe von 5′ 46″ im Durchmesser.

Wenn man von der Erde aus sich eine Vorstellung über die Größe und den Glanz bilden will, unter welchem die Sonne von einem auf dem Jupiter befindlichen Beschauer gesehen wird, so muß man in einem undurchsichtigen Schirme eine Oeffnung ausschneiden, deren Durchmesser dem unbewaffneten Auge unter einem Winkel

von 5′ 46″ erscheint, und den Schirm so aufstellen, daß jene Oeffnung sich auf die Sonne projicirt, denn der scheinbare Durchmesser der letzteren nimmt mit der Entfernung ab, während ihr eigenthümlicher Glanz derselbe bleibt.

Die von der Sonne der Jupiteroberfläche mitgetheilte Wärme- und Lichtmenge verhält sich zu der Quantität Wärme oder Licht, welche eine Fläche von gleicher Ausdehnung in dem Abstande der Erde empfängt, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, oder wie 0,037 zu 1 (27. Buch, Kap. 1, S. 265).

Ich erinnere von Neuem daran, daß man sich nicht allein an diese Zahlen halten darf, wenn man über die relativen Temperaturverhältnisse von Erde und Jupiter ein Urtheil fällen will. Selbst bei einer gleichen Wärme- und Lichtmenge könnte die schließliche Temperaturwirkung infolge der Eigenschaften der gasförmigen Hüllen, welche die Planeten umgeben, beträchtlich modificirt werden, je nach dem größeren oder geringeren Widerstande, den diese Umhüllungen dem Durchgange der Wärmestrahlen entgegenstellen, u. s. w.

Man braucht nur an die von Saussure angestellten Versuche über die schließliche Temperatur, welche ein von mehreren Hüllen durchsichtiger Gläser umgebener Körper annimmt, zu denken, um sich von der Nothwendigkeit der Beschränkung zu überzeugen, deren ich eben gedachte.

Der Astronom auf dem Jupiter sieht die Sterne im Osten auf- und im Westen untergehen; in etwas weniger als zehn Stunden legen sie einen vollständigen Umlauf zurück (Buch 27, Kap. 3, S. 269), so daß der zwischen ihrem Auf- und Untergange begriffene Zeitraum niemals zehn Stunden erreichen kann.

Die Sonne scheint den Jupiterbewohnern unter den Sternen eine Bewegung in der Richtung von West nach Ost zu besitzen, und zwar braucht sie 4332,58 Tage oder 11 Jahre 10 Monate 17,6 Tage, um den ganzen Thierkreis zu durchlaufen.

Merkur, Venus, Erde und Mars sind für den Beobachter auf dem Jupiter untere Planeten, welche sich von der Sonne nur bis auf gewisse Distanzen bald westlich bald östlich entfernen, deren Betrag sich mit Hülfe von Fernröhren als etwas veränderlich herausstellen muß.

Mars selbst wird nur in seltenen Fällen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar sein, da er in seiner größten Digression sich nicht weiter als 16 Grade von der Sonne entfernt. Der Saturn dagegen erscheint vom Jupiter aus als oberer Planet, und befolgt in seiner jährlichen Bewegung bald einen directen bald einen retrograden Lauf; als Uebergang von einer Bewegungsrichtung zur anderen erscheint der Planet von Zeit zu Zeit stationär.

Da der Jupitersäquator bis auf Weniges mit seiner Bahnebene zusammenfällt, so muß die Sonne sich den verschiedenen Punkten auf der Oberfläche des Planeten immer in derselben Weise zeigen; da folglich die Licht- und Wärmequantitäten, welche diese verschiedenen Punkte von der Sonne empfangen, zu allen Zeiten die nämlichen sind, so findet auf beiden Hemisphären kein Unterschied von Winter und Sommer statt. Auf dem Jupiter herrscht also ein ewiger Frühling, wofern man mit diesem Ausdrucke den richtigen Sinn verbindet (Buch 33, Kap. 41, S. 583), der in diesem Falle nichts Anderes bezeichnet, als daß die erleuchtende und erwärmende Kraft der Sonne für jeden bestimmten Punkt auf dem Planeten beständig dieselbe ist, woraus aber keineswegs hervorgeht, daß diese Einwirkung unveränderlich bleiben muß, wenn man die unter verschiedenen Breiten gelegenen Punkte mit einander vergleicht.

Die Satelliten oder Monde des Jupiter brauchen im Vergleich zu der Zeit, in welcher unser Mond sich um die Erde bewegt, nur sehr kurze Zeit zu ihrem Umlauf um den Hauptplaneten. Der erste und dem Jupiter zunächststehende Mond durchläuft die 360 Grade seiner Bahn in 1,77 Tagen, eine Schnelligkeit, welche dem Geographen und dem Seefahrer des Jupiter äußerst genaue Mittel an die Hand geben muß, um die Länge der Punkte, wo er reist, zu bestimmen. Ebenso müssen die beim Durchgange durch den Schattenkegel des Jupiter auf der von der Sonne abgekehrten Seite eintretenden Verfinsterungen dieses Mondes, so wie die bei den beständig wiederkehrenden Stellungen desselben zwischen Sonne und Planeten erfolgenden partiellen Sonnenfinsternisse, auf dem Jupiter jeden Tag zu nicht minder genauen Methoden führen, um die Geographie und Schifffahrtskunde zu vervollkommnen.

Der Pater Kircher erzählt in seiner ekstatischen Reise, daß die Luft auf dem Jupiter gesund, die Gewässer sehr klar und das Land so glänzend wie Silber sei. Alles dies ist streng genommen möglich, allein da die Beobachtungen derartige Folgerungen keineswegs rechtfertigen, so können wir davon nicht weiter Notiz nehmen.

Ebensowenig haben wir von den glücklichen Einflüssen zu sprechen, welche Jupiter und Venus dem Pater Kircher zufolge auf die Bewohner unserer Erde ausüben sollen. Dergleichen Conjecturen gehören nicht zur Astronomie, sondern sind der Astrologie zuzuweisen, einer vermeintlichen Wissenschaft, die schon lange allen Credit verloren hat.

Fünftes Kapitel.

Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Saturn.

Die Anhänger der causae finales haben ihr teleologisches Gewissen mit der Behauptung beruhigt, der Saturnring sei diesem Planeten verliehen, um die geringe Intensität der Sonnenstrahlen zu ersetzen. Indeß ist diese so häufig bekämpfte Theorie hier von vornherein unzulässig, weil auf einem beträchtlichen Theile der Oberfläche des Planeten der Ring gar nicht sichtbar ist.

Wenn man vom äußeren Rande des ersten Ringes Tangenten an die Planetenkugel zieht, so liegen die Berührungspunkte in 66° 36′ Entfernung vom Aequator des Saturn; folglich gibt es auf demselben zwei Zonen, mit einer Breitenerstreckung von 23° 24′, von den Polen an gerechnet, wo ein Beobachter von der Existenz des Ringes nicht die mindeste Ahnung haben würde, weil das Licht desselben niemals dahin gelangt.

Zieht man dagegen vom inneren Rande des Ringes Tangenten an den Körper des Saturn, so treffen diese den letzteren in einem Abstande von 53° 28′ vom Aequator: jenseit der Parallelkreise unter 53° 28′ bis zu den Polen wird also der innere Rand des Ringes nie wahrgenommen.

Untersucht man, wo vom Saturn aus gesehen die beiden Hauptringe, aus denen der Saturnring besteht, in größter Breite erscheinen,

so ergibt sich für den äußeren Ring, daß derselbe im Maximum einem Gesichtswinkel von 3° 19′ bei ungefähr 45° Entfernung vom Aequator entspricht.

Die Spalte zwischen beiden Ringen wird unter einer Breite von 42° 45′ am weitesten geöffnet unter einem Winkel von 47′ erblickt; der innere Ring endlich hat seine größte Breite von 11° 26′ unter den Parallelen von 35° 30′.

Im Aequator des Saturn zeigt sich der Ring in der Gestalt eines sehr schmalen Lichtstreifens, der durch das Zenith geht.

Für jeden auf der Oberfläche des Planeten gegebenen Punkt muß die Lage der Ringe stets denselben Punkten des Himmels entsprechen, und demnach beständig die nämliche Zone von Sternen dadurch verdeckt werden.

Wenn man die in dem Buche über den Saturn enthaltenen numerischen Angaben dazu anwenden will, um über seine Entfernung von der Sonne, über seine Rotation und seine Monde ähnliche Berechnungen anzustellen, wie im vorhergehenden Kapitel für den Jupiter geschehen, so wird man zu ganz analogen Betrachtungen geführt, wie in Bezug auf letzteren Planeten, weshalb wir uns hier in keine nähere Auseinandersetzung einlassen.

Auf dem Saturn, sagt uns Pater Kircher, ist Alles traurig, abschreckend und finster; von der Einwirkung dieses Planeten, in Verbindung mit dem gleichfalls schädlichen Einflusse des Mars, rühren alle widrigen Geschicke her, welche auf der Erde den Sterblichen beschieden sind.

Sechstes Kapitel.

Wie zeigen sich die astronomischen Erscheinungen einem auf dem Monde befindlichen Beschauer?

Die hypothetischen Bewohner des Mondes hat man Seleniten genannt, nach der griechischen Benennung unseres Satelliten; wir werden uns im Folgenden dieses Namens aus keiner anderen Rücksicht bedienen, als um Umschreibungen zu vermeiden.

Wir bemerken von vorn herein, daß auf dem Monde zwei Halbkugeln zu unterscheiden sind, nämlich die beständig der Erde zugekehrte, und die andere, welche wir niemals zu Gesicht bekommen; wir denken uns den Beobachter zuerst auf der sichtbaren Hemisphäre.

Auf der der Erde zugekehrten Mondhalbkugel sieht der Mondbewohner oder Selenit alle Sterne des Firmaments sich von Osten nach Westen um eine durch den Mittelpunkt des Mondkörpers gehende Axe bewegen, auf welcher die Ebene des Mondäquators senkrecht steht. Die gedachte Bewegung geht sehr langsam von Statten, indem zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auf- oder Untergängen ungefähr 27 Tage 8 Stunden unseres Zeitmaaßes verfließen: folglich kann die scheinbare Geschwindigkeit der Firsterne, selbst in der Nähe des Mondäquators, die für einen Beobachter auf der Erde stattfindende Geschwindigkeit des Polarsternes kaum übertreffen.

Auch die scheinbare Bewegung der Sonne geschieht mit sehr geringer Schnelligkeit, denn für einen Seleniten, der seinen Ort nicht verändert, beträgt der Zeitraum zwischen zwei successiven Sonnenculminationen ungefähr $29^1/_2$ Tage.

Für einen bestimmten Ort auf der Mondoberfläche folgt auf einen continuirlichen Tag, dessen Dauer fast funfzehn irdischen Tagen gleich ist, eine eben so lange continuirliche Nacht (Buch 21, Kap. 30, S. 385): es läßt sich ohne weitere Erklärung einsehen, daß infolge der funfzehntägigen fortwährenden Einwirkung der Sonnenstrahlen eine bedeutende Wärmeentwicklung entstehen, und umgekehrt eine außerordentliche Kälte wiederum da erzeugt werden muß, wo funfzehn aufeinanderfolgende Erdtage hindurch die Sonne unter dem Horizonte gestanden hat. Was aber einen Seleniten vorzugsweise in Verwunderung setzen muß, sind die Erscheinungen, welche er an der Erde beobachtet.

Den Blicken eines auf dem Monde befindlichen Astronomen erscheint die Erde als ein glänzendes Gestirn von etwa viermal größerem Durchmesser wie der Mond von der Erde aus gesehen; die scheinbare Oberfläche ist also sechszehnmal so groß als die der Mondscheibe, und zeigt gleich der letzteren successive alle verschiedenen Phasen oder Lichtgestalten.

Denken wir uns jetzt die Mittelpunkte der Erde und des Mondes durch eine gerade Linie verbunden, so wird für einen Beobachter, der sich im Durchschnittspunkte dieser Linie mit der Mondoberfläche befindet, die Erde im Zenith sein; sie wird der Reihe nach bei verschiedenen sich von Osten allmälich erhebenden Sternen stehen, dabei aber selbst fast unverrückt in Bezug auf die Verbindungslinie der beiden Mittelpunkte, d. i. in Bezug auf die Verticale des Beobachtungsortes, erscheinen.

Andere Beobachter erblicken die erleuchtete Erdkugel in einer Höhe von z. B. 45 Graden über dem Horizonte, ohne daß eine Veränderung dieser Stellung eintritt; an noch anderen geeigneten Punkten der Mondoberfläche erscheint die Erde eben aufgegangen über dem östlichen Horizonte, ohne weiter empor zu steigen; für gewisse Orte endlich steht die Erdscheibe nur zum Theile über dem Horizont des Mondbewohners, so daß z. B. am Westhorizonte der östliche Theil der Erdscheibe allein sichtbar ist, während der westliche bereits untergegangen scheint, und diese Stellung eines nur zur Hälfte sichtbaren Himmelskörpers wird während sehr beträchtlicher Zeiträume permanent bleiben.

Gewiß bedarf es für die Seleniten keines geringen Scharfsinnes, um die reellen Ursachen der seltsamen Phänomene zu entdecken, welche wir soeben vor Augen geführt haben.

Mit Hülfe eines Fernrohres wird der Astronom auf dem Monde die Umdrehungsbewegung der Erde um ihre Axe wahrnehmen, und infolge derselben im Verlaufe von je 24 unserer Stunden die Continente und Meere, welche unsere Erdoberfläche bedecken, vor seinen Augen vorüberziehen sehen. Diese Meere und Continente unterscheiden sich von einander durch ihren Glanz, und zwar werden die glänzendsten Theile dem festen Lande, die dunkleren Partieen dagegen den mit Wasser bedeckten Gegenden entsprechen.

Für die Mondbewohner versieht folglich unsere Erde die Stelle einer natürlichen Uhr, eines wirklichen Zifferblattes. Wenn ein Punkt der Erdscheibe zu einer gewissen Stunde durch den Meridian eines Seleniten gegangen ist, so wird er denselben nach Verlauf von vierundzwanzig irdischen Stunden wiederum in dem nämlichen Meridiane finden; der Erdfleck, der eine bestimmte Zeit nach dem ersten im

Meridian gestanden hat, wird am folgenden Tage um dieselbe Anzahl Minuten und Secunden später dahin gelangen, als jener, u. s. w.

Die Polargegenden unserer Erde müssen den Seleniten je nach den Jahreszeiten ein weißliches Licht von größerer oder geringerer Ausdehnung zeigen.

Wenn schon auf der Erde einem Reisenden aus der nördlichen in die südliche Hemisphäre allmälich ganz neue Sternbilder, wie z. B. das südliche Kreuz, sichtbar werden, wie viel mehr muß für einen Mondbewohner eine Reise aus der von der Erde abgekehrten Halbkugel in die Gegenden überraschend sein, wo die Scheibe unseres Planeten beständig über dem Horizonte steht, und wenigstens in Beziehung auf eine mit der Oberfläche unseres Satelliten verbundene Mire in einer nahezu unbeweglichen Stellung verharrt!

Für die Bewohner der kreisförmigen Begrenzung, welche die sichtbare Mondhalbkugel von der für die Erde unsichtbaren scheidet, und in geringem Abstande von derselben muß unsere Erde zu gewissen Zeiten über dem Horizonte erscheinen und zuweilen unter demselben stehen: die Erde geht dort also auf und unter, aber nicht alle Nächte.

Auf der für die Erde sichtbaren Mondhalbkugel treten von Zeit zu Zeit Sonnenfinsternisse ein, und unter diesen totale, deren Dauer zwei Stunden betragen kann. Zuweilen lassen sich auch sehr kleine Verfinsterungen der Erde beobachten, d. h. das Verschwinden gewisser Theile unseres von der Sonne erleuchteten Erdballes beim Eintritte in den vom Monde geworfenen Schattenkegel.

Ich werde mich hier nicht mit der Reproduction der Reihe von Betrachtungen beschäftigen, durch welche berühmte Astronomen den Beweis haben führen wollen, daß die von uns abgekehrte Mondhemisphäre der geeignetste Ort im Universum für die Errichtung einer Sternwarte sei, wo die Gesammtheit der Beobachtungen mit der meisten Regelmäßigkeit und Genauigkeit angestellt werden könnte. Nur mag mir die Bemerkung gestattet sein, daß diese Bewunderer der für die Erde unsichtbaren Mondhalbkugel in ihrem Enthusiasmus vergessen, daß von dem Beobachtungsorte aus, welchen sie den Astronomen anweisen möchten, die Erde niemals zu sehen ist, und daß die relative

Unbeweglichkeit unseres Erdballs für die Seleniten immerhin ein der wissenschaftlichen Forschung würdiger Gegenstand sein würde.

Siebentes Kapitel.

Von der Astrologie.

Die Astronomie hat tausend Vorurtheile zerstreut: sie hat die weissagende (judiciaria) und selbst die natürliche Astrologie gestürzt und auf ihr Nichts zurückgeführt. Wie könnte man vergessen, daß ein Seneca an die absurden Grundlagen dieser vermeintlichen Wissenschaft glaubte? daß ein Cicero mit den beiden berühmtesten Astrologen seiner Zeit, mit Firmanus und mit Nigidius Figulus in enger Freundschaft stand? oder daß die Todesurtheile des Tiberius häufig die Folge der Horoskope waren, welche der stete Begleiter dieses Ungeheuers, sein Astrolog, verfaßte?

Es wird hinreichen, wenn ich einige der abgeschmackten und schmachvollen, in den Annalen der Astrologie verzeichneten Fälle den staunenswürdigen Resultaten, welche die Astronomie gewonnen hat, an die Seite stelle, um zu zeigen, wie weit sich der von der Einbildungskraft allein geleitete Geist des Menschen verirren kann, und wie groß auf der anderen Seite die Macht der menschlichen Intelligenz ist, die nur an der Hand der strengen Beobachtung vorwärts schreitet.

Ein nicht ungeschickter Mathematiker, Stoffler, der die Ehre hatte, in Tübingen Melanchthon unter seinen Zuhörern zu zählen, prophezeihete eine allgemeine Sündflut für das Jahr 1524. Es wird erzählt, daß bei dieser Gelegenheit leichtgläubige Personen sich schwimmende Fahrzeuge bauten: ein Doctor aus Toulouse, Namens Auriol, ließ nach dem Muster der Arche Noah's ein großes Schiff construiren; indeß blieb, wie Voltaire in seinem Artikel über Astrologie im Dictionnaire philosophique berichtet, der ganze Monat Februar, für welchen die Flut vorhergesagt worden, ausnahmsweise trocken. Die Veranlassung zu der ausgesprochenen Prophezeihung hatte für Stoffler in dem zufälligen Umstande gelegen, daß zu dem bezeichneten Datum die Planeten Mars, Jupiter und Saturn im Sternbilde der Fische in Conjunction traten.

Der Graf von Boulainvilliers, wie bekannt ein großer Liebhaber der Astrologie, und ein Italiener Namens Colonna, hatten Voltaire versichert, wie uns dieser selbst erzählt, er werde im Alter von zweiunddreißig Jahren sterben. Jedermann weiß, wie diese Vorhersagung in Erfüllung gegangen ist.

Nachdem Cardan in seinen astrologischen Prophezeihungen mehrmals sich betrogen, verkündigte er schließlich die Zeit seines Todes, und starb, so erzählt man, im Jahre 1575 an dem berechneten Datum vor Hunger, damit seine Vorhersagung erfüllt würde.

Katharina von Medicis war der Astrologie hingegeben, und setzte ein großes Vertrauen auf Nostradamus, der ihr unter Anderem empfahl, sich vor Saint-Germain zu hüten. Sie hatte ihr Observatorium im Hôtel de Soissons; dieser Thurm existirt noch auf der äußeren Umgrenzung der Getreidehalle.

Ludwig XIII. empfing den Beinamen des Gerechten, weil er unter dem Zeichen der Waage geboren war; im Augenblicke seiner Geburt (1601) nahm ein Astrolog seine Beobachtungen im anstoßenden Zimmer neben dem Gemache vor, wo die Königin entbunden wurde.

Wenn die Astrologie oder die Kunst, aus dem Laufe der Sterne die Zukunft vorherzusagen, in hohen Ehren stand, so brachte es dagegen aus einer seltsamen Inconsequenz große Gefahr, wenn Jemand in den Ruf kam, einen Einfluß auf die kommenden Dinge auszuüben, mit anderen Worten, der Magie oder der Hexerei mächtig zu sein.

Unter der Regierung Ludwig's XIII., oder vielmehr unter dem Regimente des Cardinal Richelieu, ward Urbain Grandier, der berühmte Pfarrer von Loudun, auf dem Marktplatze dieser Stadt am 18. August 1634, als der Hexerei schuldig, lebendig verbrannt. Das Urtheil hatte eine Commission von vierzehn, aus verschiedenen Gerichtshöfen genommenen Magistratspersonen gefällt.

Die Frau des Marschall d'Ancre war schon früher, den 8. Juli 1617, der Hexerei schuldig befunden, zum Tode verurtheilt, und an demselben Tage den Flammen übergeben worden.

Noch gegen die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts war die

Astrologie sehr im Schwange. Morin z. B., welchem die Astronomie in eigentlichem Sinne einige Erkenntlichkeit dafür schuldet, daß er die Möglichkeit nachgewiesen, die Sterne am hellen Tage zu beobachten, war ein erklärter Anhänger der Astrologie. So fest war Morin von der Gewißheit dessen überzeugt, was ihm eine Wissenschaft zu sein schien, daß er Vorhersagungen für die nächste Zukunft, deren Fehlschlagen also noch bei seinen Lebzeiten eintreten konnte, aufzustellen wagte. So verkündete z. B. dieser Astrolog den Todestag Gassendi's für Ende Juli 1650, „aber zu keiner Zeit", sagte der Kanonikus von Digne, „habe ich mich besser befunden, als an dem verhängnißvollen Tage der Prophezeihung Morin's."

Der berühmte Feldherr aus dem dreißigjährigen Kriege, Wallenstein, war bekanntlich ein großer Anhänger der Astrologie. Unzufrieden mit Keppler, der ihm für das Bedürfniß seiner Launen nicht genug Vorausverkündigungen lieferte, ließ er einen italienischen Astrologen mit Namen Seni zu sich kommen und auf das Glänzendste unterhalten. Bei wichtigen Gelegenheiten faßte er nie einen Entschluß, ohne sich des Rathes seines Astrologen zu bedienen; doch hat ihm dieser, scheint es, nicht vorhergesagt, daß Kaiser Ferdinand schließlich Wallenstein ermorden lassen würde.

Die Combinationsgabe und die angeborene Fähigkeit aus Vergleichungen und Analogieen Schlüsse zu ziehen, haben zu den glänzendsten Entdeckungen geführt, so lange diese Operationen des Geistes auf der Basis reeller und bestimmter Thatsachen vorgenommen wurden. Wo man dagegen eingebildete oder unklare Dinge combiniren oder zusammenreimen wollte, sind die logischen Folgerungen, zu denen man gelangte, jedesmal von handgreiflicher Absurdität gewesen.

Im Alterthume hat es zwei Arten der Astronomie gegeben: die contemplative der Chaldäer und die Conjecturalastronomie der Griechen. Die contemplative Astronomie hat trotz ihrer ungeheuern Dauer nur wenig Früchte getragen; die Annalen der Conjecturalastronomie dagegen bestehen zumeist aus einem langen Register von eingebildeten Annahmen und lächerlichen Voraussetzungen. Kaum daß man vereinzelt hier und da eine geistvolle und wahre Auffassung durchblicken sieht: aber solche Bemerkungen befinden sich dann in so schlechter Gesellschaft,

und sind auf so gebrechlicher Basis aufgebaut, daß sie selbst bei den scharfsinnigsten Geistern fast allen Werth verlieren. Fruchtbar und werthvoll ist die Astronomie nur gewesen und konnte es nur da sein, wo sie sich unveränderlich auf die genaue und kritische Beobachtung solcher Erscheinungen gestützt hat, welche mit Hülfe der Instrumente, mit denen wir unser Auge zu verstärken gelernt haben, für den Menschen gewissermaßen materiell erreichbar geworden sind.

Achtes Kapitel.

Von den Sternwarten. — Von den astronomischen Beobachtungen und den Umständen, welche sie begünstigen.

Man kann kaum erwarten, in Zukunft astronomische Entdeckungen von besonderer Wichtigkeit an anderen Orten zu machen, als auf speciellen Anstalten, welche mit einer durchgängigen Solidität erbaut und mit feinen Instrumenten ausgerüstet sind. Wie Bailly sagt, bedarf es zur Beobachtung der Gestirne eines Aufenthaltes, der die Heiterkeit des Himmels mit der Stille der Zurückgezogenheit vereinigt.

Der Landgraf von Hessen, Wilhelm IV., ließ auf seinem Schlosse in Cassel im Jahre 1561 ein Observatorium errichten und die Instrumente aufstellen, welche ihm zur Bildung des Katalogs von neunhundert Fixsternen dienten, den die Wissenschaft ihm zu verdanken hat.

Auf der Insel Hween befand sich die Sternwarte von Uraniburg, wo Tycho Brahe in den Jahren von 1580 bis 1597 die unzähligen und schönen Beobachtungen anstellte, welche die Grundlage der neuern Astronomie geworden sind.

Die Verwendungen des Longomontan bestimmten später Dänemark zur Gründung des Observatoriums von Kopenhagen, welches 1632 angefangen und 1656 vollendet ward.

Hevel in Danzig ließ auf seinem eigenen Hause im Jahre 1641 eine Sternwarte erbauen, die der Schauplatz aller seiner Arbeiten gewesen ist.

Die Sternwarte von Paris wurde unter der Regierung Ludwig's XIV., nach den Entwürfen des berühmten Erbauers der Colon-

nade des Louvre, Claude Perrault, errichtet. Am 20. und 21. Juni 1667 unternahmen die ersten Mitglieder der französischen Akademie der Wissenschaften mittelst astronomischer Beobachtungen die Orientirung der Hauptmauern; indessen begann die ernstliche Arbeit des Baues erst im Jahre 1668, die Vollendung endlich geschah, nach einem Kostenaufwande von zwei Millionen Francs, im September 1671.

Einem ersten Plane zufolge sollte das Local des Observatoriums nicht allein alle Mittel um den Lauf der Gestirne zu verfolgen enthalten, sondern auch die Modelle der verschiedenen nützlicher Anwendungen fähigen Maschinen, und selbst chemische Laboratorien. Auch sollte die Akademie der Wissenschaften darin ihre Sitzungen halten. Indessen ward das Project während der Dauer der Arbeiten abgeändert, und das Gebäude ausschließlich dem Dienste der Astronomie gewidmet. Unglücklicherweise aber war der Baumeister mit den Bedürfnissen der Beobachter sehr wenig bekannt, und ließ sich selten herab, die Astronomen zu befragen, oder wies die Befolgung ihrer Vorschläge zurück. Da seiner Meinung nach eine Sternwarte unerläßlicher Weise sehr hoch sein mußte, so errichtete er ein ungeheures Bauwerk, von welchem man einen freien Umblick nach den verschiedenen Himmelsgegenden nur gewinnen konnte, wenn man sich auf die obere Plattform unter freien Himmel stellte; an allen anderen Orten bildete die Masse des Gebäudes das zweckwidrigste Hinderniß.

In dem Glauben, daß die neueren Astronomen eines Gnomon nicht entbehren könnten, brachte Perrault im Centrum seines Bauwerkes einen ungeheuern, sehr hohen und von Süden nach Norden gerichteten Saal an. Wenn die pariser Sternwarte mit diesem primitiven Instrumente begonnen hat, so ist sie wenigstens im Laufe der Jahre in den Besitz der vollkommensten Apparate gekommen, welche die Astronomen und die Physiker allmälich erfunden und die geschicktesten Mechaniker ausgeführt haben.

Die Sternwarte in Greenwich wurde unter Karl II. erbaut, ihre Vollendung fällt in den Monat August 1676, wo Flamsteed die Leitung übernahm, um die Reihe der zahlreichen Beobachtungen zu beginnen, welche die Basis des britischen Katalogs bilden.

Bald erhoben sich weitere Observatorien zu Leyden 1690, zu Nürnberg 1692, zu Bologna 1709, zu Berlin 1710, zu Altorf 1713, zu Lissabon 1722, zu Petersburg 1725 und zu Utrecht 1727.

Im neunzehnten Jahrhundert scheinen alle Regierungen Europa's sich zur Verbesserung der alten Sternwarten oder zur Gründung neuer vereinigt zu haben. In Großbritannien sind außer dem durch Flamsteed, Halley, Bradley, Maskelyne, Pond, Airy berühmt gewordenen königlichen Observatorium zu Greenwich die Sternwarten von Edinburg, Glasgow, Cambridge, Durham, Oxford, Dublin, Armagh, Parsonstown, Markree, Liverpool, Aberdeen, Ashurt, Bedford, Birrcastle, Blenheim, Bushey-Heath, Kensington, Makerstoun, Ormskirk, Portsmouth, Regents-Park, Richmond, South-Kilworth, Starfield und endlich von Slough erbaut worden, von welch' letzterem Orte die unsterblichen Arbeiten William Herschel's ausgegangen sind.

Dänemark besitzt außer dem Observatorium von Kopenhagen eine Mustersternwarte in Altona. Schweden hat schöne astronomische Anstalten zu Stockholm, zu Upsala und Christiania ins Leben gerufen.

Rußland, nicht zufrieden zu Dorpat, Abo, Helsingfors, Kiew, Mitau, Kasan, Moskau, Wilna, Warschau, zu Nicolajew am schwarzen Meere sehr nützliche Sternwarten zu haben, wollte in der Nähe von Petersburg eine wahrhafte astronomische Musteranstalt besitzen, und hat auf der Anhöhe von Pulkowa eine große Centralsternwarte gegründet.

Preußen zählt außer der neuen Sternwarte zu Berlin werthvolle astronomische Institute in Bonn, Bilk (bei Düsseldorf), Breslau und Königsberg.

Bayern kann mit Stolz auf seine in der Nähe von München gegründete Anstalt blicken; Hannover sich auf die Sternwarte in Göttingen, das Großherzogthum Baden auf die in Mannheim berufen; die freien Städte von Hamburg und (früherhin) Bremen besitzen ihre eigenen Sternwarten; desgleichen die Schweiz in Genf, Bern und Zürich; Oesterreich hat außer zu Wien die Observatorien von Kremsmünster, Prag, Senftenberg, Ofen; Belgien in Brüssel; Spanien in Cadix.

In Frankreich bestehen außer der pariser Sternwarte die Anstalten von Marseille und von Toulouse.

In Italien sind zu nennen die Sternwarten von Avulli, Bologna, Verona, Palermo, Capo di Monte (bei Neapel), Florenz, Mailand, Padua, Turin, Parma und Rom.

Die neue Welt hat gleichfalls ein großes Interesse für astronomische Forschungen kund gegeben. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika besitzen prachtvolle Sternwarten in Cincinnati, Washington, Toronto und Cambridge. Auf den Antillen besteht eine Sternwarte auf der Insel St. Croix; Südamerika hat eine solche zu Santiago in Chili.

In den englischen Colonieen sind die schönen Observatorien von Malta, vom Cap der guten Hoffnung, von St. Helena, von Sydney in Neuholland, von Madras und von Benares zu nennen; endlich ist die bemerkenswerthe, auf Kosten des Rajah von Trevandrum in der Nähe des Caps Comorin begründete Sternwarte anzuführen, so wie in China die kaiserliche Anstalt zu Peking.

Alles zusammengerechnet existiren wenigstens neunzig Sternwarten in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts.

Das Publikum gibt beständig den Wunsch kund die Sternwarten in Augenschein zu nehmen, allein die Natur der in diesen Anstalten auszuführenden Arbeiten steht der Befriedigung einer solchen Wißbegierde durchaus entgegen. Nur inmitten der größten Ruhe, fern von jeder Zerstreuung, ist es möglich den Beobachtungen die ganze Genauigkeit zu verleihen, welche die Fortschritte der Wissenschaft unerläßlich fordern.

Die geschicktesten praktischen Astronomen sind oft in dem Falle, die Wahrnehmung zu machen, daß bei einem Himmel, dessen Reinheit für die Erforschung der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper besonders günstig schien, die großen Instrumente die erwarteten Dienste versagen. Die Umstände, welche die teleskopischen Bilder verwaschen, schlecht begrenzt oder undulirend machen, sind bis jetzt weder vollständig bekannt, noch überhaupt genau definirt.

Ich will im Folgenden verschiedene Bemerkungen zusammenstellen, welche die Liebhaber der Astronomie vielleicht nicht ohne Interesse lesen werden: sie finden sich größtentheils in den zahlreichen Abhandlungen von William Herschel zerstreut.

Keine feine Beobachtung, welche die Anwendung bedeutender Vergrößerungen erfordert, wird gelingen, wenn man dabei durch das Fenster eines Zimmers, oder durch die Dachöffnung einer Sternwarte zu sehen genöthigt ist.

Es ist stets gerathen, die bedeckten oder geschützten Standpunkte zu vermeiden, selbst wenn das Teleskop im Freien aufgestellt ist.

Bei windigem Wetter sind die Bilder im Fernrohre im Allgemeinen nicht sehr scharf: der Wind muß diese üble Wirkung herbeiführen, sobald er atmosphärische Schichten von verschiedener Temperatur unter einander mischt*).

Zuweilen sind auch die Nordlichter den astronomischen Beobachtungen nachtheilig, indem sie alle Gegenstände undulirend zu machen scheinen; indeß sind sie in der Regel ohne merklichen Einfluß.

Wenn es gegründet wäre, wie Herschel mit mehreren Meteorologen annimmt, daß die Nordlichter ein Anzeichen (Ursache oder Wirkung) großer Temperaturveränderungen in den verschiedenen Regionen der Atmosphäre sein sollen, so könnte ihr Einfluß mit dem des Windes in Parallele gestellt werden.

Ein Stern erscheint niemals scharf begrenzt, wenn die von ihm in unser Auge gelangenden Strahlen in geringer Höhe über dem Dache eines Gebäudes vorübergehen, denn jederzeit wird infolge der Mischung verschiedener ungleich erwärmter Schichten die Atmosphäre über dem Dache in unruhiger Bewegung sein.

Sehr trockene Luft ist für teleskopisches Sehen ungünstig; wenn dagegen die Atmosphäre mit Feuchtigkeit gesättigt ist, so erscheinen die Bilder der Sterne mit vorzüglicher Schärfe.

---

*) Als Herschel diese aphoristische Bemerkung aus der praktischen Astronomie unter dem Einflusse einer besonderen Beobachtung niederschrieb, ließ er sich vielleicht zu einer zu großen Verallgemeinerung verleiten. In der That finde ich in den Philosophical Transactions des Jahres 1815, S. 322, die folgende Stelle: „Der Wind thut der Schärfe der teleskopischen Bilder keinen Eintrag. Bei heftigem Winde kann man sich sehr beträchtlicher Vergrößerungen bedienen, wenn nur dafür gesorgt wird, daß der Fuß des Instrumentes keine Erschütterung erfährt.“ Ich weiß nicht, ob der große Astronom jemals auf den Widerspruch aufmerksam geworden ist, der in seinen Aeußerungen über den Einfluß des Windes auf astronomische Beobachtungen hervortritt.

Diese Schärfe findet auch bei dunstigem Himmel statt, und ganz besonders bei Nebel: der Nebel läßt den teleskopischen Bildern die ganze Reinheit ihrer Umrisse, bis zu dem Augenblicke, wo sie bei zunehmender Lichtschwächung vollständig verschwinden.

Zuweilen trifft es sich, daß bei scheinbar sehr günstiger Witterung die Begrenzung der Sterne im Fernrohr nicht scharf erscheint. Dieß kann, sagt Herschel, durch die Gegenwart einer trockenen Luftschicht bedingt sein, welche ein Ostwind in die hohen Regionen führt, oder von der Mischung verschieden erwärmter Schichten abhängen, die durch den Conflict oberer, aus verschiedenen Richtungen wehender Winde erzeugt werden.

Wenn plötzlicher Frost nach milder Witterung eintritt, oder wenn Thauwind plötzlich auf langes Frostwetter folgt, so geben die Fernröhre schlechte Bilder.

Auch darf man nicht gute Resultate erwarten im Augenblick, wo das Teleskop aus einem warmen Zimmer in das Freie versetzt wird.

Allgemein läßt sich behaupten, daß wenn der Spiegel des Instrumentes mit der umgebenden Luft nicht die nämliche Temperatur hat, ein unvollkommenes Bild entstehen, und starke Vergrößerungen nicht mit Nutzen anwendbar sein werden.

Diese Thatsache hat übrigens ihre augenscheinliche physikalische Ursache; denn Jedermann wird begreifen, daß während sich der Spiegel eines Teleskops in seiner Fassung erwärmt oder abkühlt, er nicht an allen seinen Punkten dieselbe Temperatur haben kann; die nothwendige Folge aber dieser ungleichen Wärmevertheilung muß eine Gestaltveränderung der polirten reflectirenden Oberfläche des Spiegels, und damit eine Unvollkommenheit des in seinem Brennpunkte erzeugten Bildes sein.

Aus analogen Gründen ist die Vergrößerung der Focaldistanz zu erklären, welche Herschel bei seinen mit Metallspiegeln versehenen Fernröhren wahrnahm, sobald er Sonnenbeobachtungen anstellte*). Der gefeierte Astronom hat die Richtigkeit dieser Erklärung nachgewiesen,

*) Die Sonne verursacht den entgegengesetzten Effect einer Verkürzung der Brennweite, wenn der Spiegel des Teleskops von Glas ist; vom Grunde dieser Anomalie vermag man noch keine Rechenschaft zu geben.

indem er ganz nahe vor oder hinter dem Spiegel eine kleine erhitzte eiserne Kugel anbrachte. Die von letzterer ausgehenden Wärmestrahlen erhöhten die Temperatur des Metallspiegels auf ungleiche Weise, veränderten folglich die Gestalt der reflectirenden Fläche und verlängerten die Brennweite.

Wenn man in Bezug auf die Helligkeit oder Lichtstärke einen theoretischen Vergleich zwischen einem Spiegelteleskop und einem Refractor anstellen will; mit anderen Worten, wenn man wissen will, ob ein Instrument, welches das der Vergrößerung unterworfene Bild auf dem Wege der Reflexion von einem Hohlspiegel erzeugt, mehr oder weniger Licht gibt, als ein anderes Instrument, bei dem dasselbe Bild durch Refraction beim Durchgange der Strahlen durch eine Glaslinse hervorgebracht wird: so darf man nicht vergessen den Verlust mit in Rechnung zu ziehen, welchen die Strahlen bei ihrer Zurückwerfung von den Spiegeln oder bei ihrer Brechung durch die Glaslinsen erleiden. Wollte man blos die effectiven Oeffnungen beider Instrumente berücksichtigen, so würde man zu sehr irrthümlichen Schlüssen gelangen. Herschel hat nach den photometrischen Methoden Bouguer's Versuche angestellt, aus denen die nöthigen Elemente folgen, um auf dem Wege der strengen Rechnung die Refractoren und Reflectoren mit einander zu vergleichen. Seine Resultate sind folgende:

Wenn ein ebener, vollkommen polirter Spiegel von der Metallcomposition, welche Herschel zu seinen Teleskopen anwandte, von 100000 Lichtstrahlen nahezu perpendiculär getroffen wird, so werden davon nur 67300 reflectirt.

Nach einer abermaligen, gleichfalls rechtwinkligen Reflexion von einem zweiten Spiegel würden, wenn die Absorption in dem nämlichen Verhältnisse stattfände, nur 45200 Strahlen von dem ursprünglich einfallenden Bündel der 100000 Strahlen übrig bleiben.

Beim Durchgange durch Gläser ist der Verlust an Licht weit geringer. Herschel hat einen Streifen gewöhnlichen Glases mit vollkommen polirten parallelen Flächen, von etwa gleicher Dicke mit den zu starken Vergrößerungen angewandten Ocularen untersucht und gefunden, daß von 100000 Strahlen, die senkrecht auf ein solches Glas auffallen, etwa 94800 hindurchgehen.

An diese Bestimmungen Herschel's will ich ein historisches Citat anschließen, welches manchem Physiker auffallend sein wird. Im 10. Bande der Mémoires de l'Académie des sciences (S. 505) finde ich einige Bemerkungen von Huygens über das Newton'sche Spiegeltelescop*). Darunter befindet sich folgender Passus: „Für einen dritten Vortheil halte ich, daß bei der Reflexion vom metallnen Spiegel keine Strahlen verloren gehen, wie bei den Glaslinsen, welche eine beträchtliche Quantität von jeder ihrer Oberflächen zurückstrahlen und noch einen Theil vermöge der unvollkommenen Durchsichtigkeit ihrer Materie verschlucken." Huygens hatte demnach im Jahre 1672 noch keine Kenntniß von der Absorption, welche das Licht bei dem Vorgange der Reflexion von metallenen Spiegeln erfährt.

Neuntes Kapitel.

Chronologische Uebersicht der vorzüglichsten astronomischen Entdeckungen.

Ich habe es für angemessen gehalten, zum Schlusse dieses Werkes eine chronologisch angeordnete Uebersicht der vorzüglichsten in der Astronomie gemachten Entdeckungen zusammenzustellen.

Die Anwendung vervollkommneter Instrumente wird immer den größten Einfluß auf den Fortschritt der Wissenschaften üben; deshalb will ich zunächst eine Tafel der Jahreszahlen der Erfindung oder der Anwendung der bei den Astronomen gebräuchlichen Instrumente vorausschicken.

Der Brillen bediente man sich um das Jahr	1300
Das Thermometer wurde gebraucht um	1600
Das Fernrohr erfunden von Lippershey in Middelburg	1606
Keppler hatte die erste Idee des astronomischen Fernrohrs mit zwei converen Linsen	1611
Die Beschreibung des Vernier veröffentlicht	1631
Morin verbindet das Fernrohr mit getheilten Kreisbogen	1634

*) Siehe Hugenii opera varia, (Tom. IV.) p. 758, aus dem Journal des Scavans vom 29. Febr. 1672 übersetzt. Anm. d. deutsch. Ausg.

Mersenne beschreibt ein Reflexionsteleskop 1639
Erfindung des Barometers (Torricelli) 1643
Anwendung des Pendels für Uhren (Huygens) . . . 1656
Das Kreismikrometer (Huygens) 1659
Beschreibung des Gregory'schen Teleskops 1663
Das Fadenmikrometer (Auzout) 1666
Ausführung des Newton'schen Teleskops 1672
Meridianfernrohr (Römer) 1700
Compensationspendel (Graham) 1715
Reflexionssextant (Hadley) 1731
Heliometer (Bouguer) 1747
Freies Echappement (Le Roy) 1748
Erste Idee der Repetition der Winkel (Mayer) . . . 1752
Entdeckung der achromatischen Fernröhre (Dollond) . . 1758
Isochronische Spiralfedern (Pierre Le Roy) 1766
Reflexionskreis (Mayer) 1767
Mikrometer von Bergkrystall (Rochon) 1777
Astronomischer Repetitionskreis (Borda) 1786
Fernrohr mit Polariskop *) 1811

Folgendes ist die Tafel der hauptsächlichsten astronomischen Entdeckungen:

Entdeckung der Präcession der Nachtgleichen (Hipparch) 120 v. Chr.
Entdeckung der Bewegung des Perigäums der Sonne
(Albategnius) . . . . 900 n. Chr.
Fernel mißt einen Bogen des Meridians . . . . 1528 =
Aufstellung des Weltsystems (Copernicus) . . . 1543 =
Sonnenflecken, Rotation der Sonne (Galilei) . . 1610 =
Die Monde des Jupiter (Galilei) . . . . . . 1610 =
Die Lichtgestalten der Venus (Galilei) . . . . 1611 =
Keppler's Gesetze . . . . 1619 =
Descartes macht das Brechungsgesetz bekannt . . 1629 =
Morin beobachtet zuerst die Sterne und die Planeten
am hellen Tage . . . . 1635 =

*) Arago.

Huygens entdeckt den vierten Saturnsatelliten . . 1655 n. Chr.

Huygens erklärt die Phänomene des Saturnringes . 1659 =

Rotation des Jupiter (Cassini) . . . . 1665 =

Rotation der Venus (Cassini) . . . . 1666 =

Rotation des Mars (Cassini) . . . . 1666 =

Der fünfte Satellit des Saturn (Cassini) . . . 1671 =

Richer weist durch die Erfahrung nach, daß die Schwere der Körper bei der Annäherung an den Aequator abnimmt . . . . 1672 =

Cassini nimmt den dritten Saturnsatelliten wahr . 1672 =

Geschwindigkeit des Lichtes (Römer) . . . . . 1675 =

Das Gesetz der allgemeinen Attraction (Newton) . 1682 =

Cassini entdeckt die beiden ersten Saturnsatelliten . 1684 =

Abplattung des Jupiter (Cassini) . . . . 1691 =

Aberration des Lichtes (Bradley) . . . . 1728 =

Die französischen Akademiker zeigen die Abplattung der Erde durch Messung mehrerer Gradbogen . . 1744 =

Nutation der Erdaxe (Bradley) . . . . 1747 =

Herschel erkennt die Bewegung des Uranus . . . 1781 =

Abplattung des Mars (Herschel) . . . . 1784 =

Entdeckung zweier Uranusmonde (Herschel) . . . 1787 =

Rotation und Abplattung des Saturn (Herschel) . 1789 =

Herschel entdeckt den sechsten und siebenten Saturntrabanten . . . . 1789 =

Entdeckung des dritten und vierten Uranusmondes (Herschel) . . . . 1790 =

Entdeckung des fünften und sechsten Uranusmondes (Herschel) . . . . 1794 =

Rotation des Merkur (Schröter) . . . . 1800 =

Entdeckung der Ceres (Piazzi) . . . . 1801 =

Entdeckung der Pallas (Olbers) . . . . 1802 =

Entdeckung der Juno (Harding) . . . . 1803 =

Entdeckung der Vesta (Olbers) . . . . 1807 =

Entdeckung der gasförmigen Umhüllung der Sonne durch Polarisation*)	1811 n. Chr.
Entdeckung zahlreicher kleiner Planeten oder Asteroiden zwischen Mars und Jupiter, seit	1845 „
Entdeckung des Planeten Neptun (Leverrier u. Galle)	1846 „
Entdeckung eines Trabanten des Neptun (Lassell) .	1847 „
Entdeckung des achten Saturnsatelliten (Bond und Lassell)	1848 „
Entdeckung des siebenten und achten Uranusmondes (Lassell)	1851 „

Wer die vorstehende Tabelle mit unbefangenen Augen ansieht, wird denke ich ohne Anstand einräumen, daß in der Geschichte des Fortschrittes der menschlichen Erkenntniß — welchem Fortschritte ohne Zweifel keine Grenzen gesteckt sind — die Arbeiten der Astronomen in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts, mit den fruchtbarsten Forschungen der Gelehrten auf dem Gebiete der anderen Wissenschaften den Vergleich aushalten. Selbst für diejenigen, welche jede Entdeckung nur nach ihrem directen Nutzen beurtheilen, wird die Astronomie immer die edler Anstrengungen und der unermüdlichen Anwendung der menschlichen Intelligenz am meisten würdige Wissenschaft bleiben.

---

*) Arago.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum dreiundzwanzigsten Buch.

1. S. 11. Worte von Humboldt, Kosmos III. S. 14, wobei die Anmerkung 22 zu vergleichen, ebend. S. 28.

2. S. 13. Plutarch in seinem, in den Bemerkungen zu den vorhergehenden Büchern häufig angeführten Werke Ueber das Gesicht im Monde.

3. S. 20. Auf das Vorhandensein dieser Unregelmäßigkeit in den Bewegungen des Jupiter und Saturn war bereits Keppler 1625 aufmerksam geworden; Cassini in seinen Eléments d'Astronomie untersuchte sie wohl zuerst genauer (p. 428, 429). Unter den verschiedenen Arbeiten über die große Perturbation vor Laplace, ist von wirklichem Interesse die Untersuchung, welche Lambert im berl. Jahrbuche für 1777 mitgetheilt hat. Man vergl. hierüber auch Grant's History of physical Astronomy, London 1852, S. 48.

4. S. 24. Daß die hier im Texte für die Bahn des Lexell'schen Kometen vor 1767 angeführten Ergebnisse irrig und von Schreibfehlern entstellt sind, hat zuerst Leverrier behauptet (Comptes rendus XXVI, p. 465 ff.), indem er zu erheblich andern Resultaten gelangte, durch eine von der Laplace'schen merklich verschiedene Betrachtungsweise. — Das wirkliche Vorhandensein von Fehlern in den Rechnungen, welche Laplace im 4. Bde. der Méc. cél. nach Burckhardt mittheilt, hat später d'Arrest in den noch vorhandenen Originalpapieren Burckhardt's bestätigt gefunden. Der Komet von 1770 hat hiernach ehemals eine Umlaufszeit von nahezu eilf Jahren gehabt, und sein kleinster Abstand von der Sonne betrug etwa 3, so daß freilich im Wesentlichen das Resultat dasselbe bleibt. Vergl. außer dem oben Angeführten Astronomische Nachr. 46. Bd. p. 100.

5. S. 25. Die Einwirkung auf die Verkürzung der Umlaufszeit bei diesem Kometen ist merklich geringer, als hier im Texte angegeben; übrigens ist sie nicht bei allen Umläufen streng von derselben Größe.

6. S. 34. Reich in Freiberg hat späterhin diese Untersuchung wieder aufgenommen in den Abhandlungen der Kön. Sächs. Gesellschaft d. W. 1852, und ist

nahe zu dem früheren Resultate gekommen; dagegen hat Airy im Herbste 1854 in einem Kohlenbergwerke durch Pendelbeobachtungen die mittlere Dichtigkeit beträchtlich größer gefunden, nämlich 6,57, merklich größer als Hutton, Maskelyne, Baily und Reich. Vergl. Notices of the R. Astr. Soc. XVI. p. 104.

7. S. 35. In seiner Untersuchung Ueber die Dimensionen des Erdkörpers (berl. Jahrb. für 1852) bestimmt Encke das Volumen des ganzen Erdkörpers zu 2650184445 Cubikmeilen.

8. S. 42. Im Sommer 1672; der Unterschied im täglichen Gange betrug etwa zwei Zeitminuten. Bemerkt zu werden verdient es, daß Picard schon einige Zeit vorher das Vorhandensein eines solchen Unterschiedes gemuthmaßt hatte, vergl. Lalande in der Astronomie § 2668.

9. S. 64. Ueber das Geschichtliche der Arbeiten dieser Commission kann man unter Anderem ausführliche Nachrichten lesen in Bugge's, auch in deutscher Uebersetzung (Kopenhagen, 1801) erschienenen Schrift: Reise til Paris i Aarene 1798 og 1799, Kjöbenhavn 1800.

10. S. 73. Ed. Halley's Untersuchungen sind vom Jahre 1693; Dunthorne's, gleichfalls auf die ältesten Finsternisse gegründete Berechnungen wurden im Jahre 1749 der Königl. londoner Societät vorgelegt. Erst 1786 wurde Laplace's Arbeit bekannt.

11. S. 82. Daß diese Umdrehungszeit, welche Ptolemäus beträchtlich größer, etwa zu 36000 Jahren angesetzt hatte, auch nach den neuesten Bestimmungen der Präcessionsconstante sehr großer Unsicherheit ausgesetzt ist, beruht auf dem im Texte nicht erwähnten Umstande, daß die Präcession für weitumfassende Zeiträume keineswegs der Zeit einfach proportional gesetzt werden darf.

12. S. 87. „Aber von allen großen Männern, die über diese Naturerscheinung nachgedacht haben, wundert es mich von Niemand mehr, als von Keppler, daß ein so begabter und scharfsinniger Forscher dem Vorurtheile anhing, der Mond könne Einfluß auf die Bewegung des Wassers ausüben," — sind ungefähr des Salviati Worte. Systema Cosmicum, Lugduni 1641, p. 343. Er zielt dabei vermuthlich auf Keppler's Vorwort zur Astronomia nova (1609).

13. S. 90. Die allgemeine Theorie im 4. Buche der Méc. céleste, im II. Bande.

14. S. 96. Hierauf bezügliche Untersuchungen findet man in mehreren Jahrgängen der Comptes rendus der pariser Akademie; zu entscheidenden Resultaten über diesen vermutheten Zusammenhang ist man bis jetzt jedoch noch nicht gelangt.

15. S. 99. Im 7. Kap. des 10. Buchs der Méc. céleste.

Zum vierundzwanzigsten Buch.

1. S. 100. Dies ist die Erklärung des Jul. Caes. Scaliger, der auch Riccioli beipflichtet: vergl. Almag. nov. I. p. 480, und des Weiteren Goguet's Dissertation über die Planetennamen, in De l'Origine des Loix, Paris 1758, im

2. Bande. Neuere Untersuchungen haben indessen sowohl Alter, als auch Bedeutung dieser uns von Griechenland überlieferten Zeichen sehr zweifelhaft gemacht, worüber man nachlesen kann in Humboldt's Kosmos, III. Bd., S. 470 u. f.

2. S. 105. Im ersten Bande von Riccioli's Almagestum Novum (Bononiae 1651) p. 486 zugleich mit der Beobachtung eines Fleckens auf der Marsscheibe. Hind im Solar System (1851) schreibt irrig die Entdeckung der Marsphasen Galilei zu. Fontana's erste Wahrnehmung fällt übrigens schon ins Jahr 1636. Gassendi hatte mit einem Galileischen Fernrohre vergeblich gesucht, die Phasengestalt wahrzunehmen.

3. S. 105. Auch Rob. Hooke hat, vielleicht noch vor Cassini, nämlich im Februar und März 1666, Flecken auf dem Mars beobachtet, und zur Bestimmung der Rotationszeit benutzt; er setzte jedoch die Beobachtungen nicht gehörig fort.

4. S. 106. Beer und Mädler in Astron. Nachr. Nr. 191 und 382, sowie in der Abhandlung über Mars in den Beiträgen zur phys. Kenntniß der himmlischen Körper, Weimar 1841. Letzterem Werke sind die beiden Abbildungen im Texte entnommen.

5. S. 109. Diese Bestimmung der Abplattung des Mars steht im entschiedenen Widerspruche mit mehrfachen, außerordentlich genauen Messungen, von denen hier besonders das Resultat erwähnt werden muß, das Oudemans aus einer sorgfältigen Discussion der Bessel'schen Heliometermessungen gezogen hat. Hiernach ist zwischen Aequatoreal- und Polardurchmesser durchaus keine meßbare Verschiedenheit vorhanden. Astron. Nachr. im 35. Bde. Nr. 838. Vergl. auch Winnecke in Nr. 1135 des 48. Bds. — Dasselbe hat früherhin Maskelyne gefunden.

6. S. 112. Siehe die in Anm. 4. erwähnte Abhandlung beider Verfasser, besonders S. 124 und 125.

7. S. 112. Der Text nach Kosmos III. Bd. S. 467 und 469.

8. S. 114. Beer und Mädler am angeführten Orte S. 124.

Zum fünfundzwanzigsten Buch.

1. S. 118. Es ist mit Bezug auf die hier angeführte Stelle aus Kant's Allgemeiner Naturgeschichte und Theorie des Himmels (Königsb. und Leipz. 1755) bereits im Kosmos Bd. III. S. 549 in der 59. Anm. bemerkt worden, daß sich Kant an keiner Stelle so bestimmt, wie hier im Texte wiederum geschieht, über die Planeten zwischen Mars und Jupiter äußert. Seite 47 der ersten (sehr seltenen) Ausgabe ist nur davon die Rede, daß Mars „durch die Anziehung des ihm nahen so großen Jupiters an seiner Masse eingebüßet" habe. Des Nichtvorhandenseins eines Trabanten geschieht keine Erwähnung.

2. S. 119. Ueber das Titius'sche Gesetz sehe man Humboldt's Kosmos III. Bd. S. 483; doch wird an der Originalstelle der planetenlose Raum für „den bisher noch unentdeckten Trabanten des Mars" in Anspruch genommen; Betrachtung über die Natur, Leipz. 1772, S. 7.

3. S. 120. In Betreff der in den deutschen Text aufgenommenen Elemente der so zahlreichen Gruppe der kleinen Planeten wird hier nur im Allgemeinen bemerkt, daß man sich nicht genau an die Angaben der französischen Ausgabe, sondern meist an die in Encke's Jahrbüchern mitgetheilten Elementensysteme gehalten hat.

4. S. 120. Umständliche Erörterungen über diese beiderseitigen Bestimmungen des Durchmessers der Ceres in J. H. Schröter's Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten, Göttingen 1805.

5. S. 122. W. Herschel in den Philosoph. Transact. f. the Year 1802; Schröter am angeführten Orte. Lamont's Messungen im XIV. Bde. der Astron. Nachr. S. 182, wobei bemerkt werden muß, daß Lamont den Pallasdurchmesser, abweichend von der Angabe im Texte, zu 145 geographischen Meilen ansetzt.

6. S. 123. Die Größenbestimmung der Juno beruht nur auf einer annähernden Vergleichung mit benachbarten Firsternen, wonach der wahre Durchmesser 80 Meilen nicht übersteigen kann; Mädler's Populäre Astronomie 4. Aufl. 1852, S. 217.

7. S. 123. Richtiger blaßroth; of a somewhat ruddy colour sagt J. R. Hind im Solar System p. 84.

8. S. 123. Nach fünftägigen Messungen mit dem dorpater Refractor, im April und Mai 1847, wo Vesta der Erde ungewöhnlich nahe kam, 66 geogr. Meilen im Diameter.

9. S. 124. Hind, in Uebereinstimmung mit mannichfaltigen Beobachtungen Anderer, setzt den Planeten bisweilen, unter den allergünstigsten Verhältnissen der Sichtbarkeit, etwas heller als neunter Größe; Solar System p. 87. In Betreff der Größenangaben bei den nachfolgenden kleinen Planeten darf man nicht übersehen, daß die Größenangaben in unserm Texte nicht überall volle Zuverlässigkeit haben. Bei einigen, besonders den vor Kurzem entdeckten, unter den kleinen Planeten schwankt die scheinbare Größe zwischen merklich weiteren Gränzen. Argelander in Bonn hat kürzlich gelehrt, diese Größen auf eine gemeinschaftliche Norm zurückzuführen und, zu großem Vortheile bei der bisweilen sehr schwierigen Aufsuchung, für jeden im Voraus zu berechnen. (S. Astron. Nachr. Nr. 982, 41. Bd.)

Seit dem Drucke des 10. Bogens sind neue kleine Planeten entdeckt worden:

51. Nemausa, entdeckt am 24. Januar 1858 von Laurent in Nimes.

52. Europa, entdeckt am 4. Februar 1858 von Goldschmidt in Paris.

53. Kalypso, entdeckt am 4. März 1858 von Luther in Bilk.

54. Alexandra, entdeckt am 10. September 1858 von Goldschmidt in Paris.

55. (noch ohne Namen) entdeckt am 10. September 1858 von Georg Searle in Albany.

Zum sechsundzwanzigsten Buch.

1. S. 155. Im Jahre 1794 trat Chladni in seiner Schrift: Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen, mit der Behauptung auf, daß bisweilen Stein- und

Eisenmassen vom Himmel gefallen, und daß diese Erscheinungen mit den Feuerkugeln identisch seien. Ein Verzeichniß der von ihm aufgefundenen Nachrichten über Meteorsteinfälle und Feuerkugeln, so wie über herabgefallene staubartige Massen hat Chladni später gegeben in seiner Schrift: Ueber Feuermeteore und die mit denselben herabgefallenen Massen, Wien 1819, wozu noch gehört: Beiträge zur Geschichte und Kenntniß meteorischer Stein- und Metallmassen und der Erscheinungen, welche deren Niederfallen zu begleiten pflegen, Wien 1820. Von Chladni selbst sind zu obigem Werke Nachträge geliefert: 1) Gilb. Ann. Bd. 68, 329; 2) Ebend. Bd. 71, 359; 3) Ebend. Bd. 75, 229; 4) Poggend. Ann. Bd. 2, 151; 5) Ebend. Bd. 6, 21 und 161; 6) Ebend. Bd. 8, 45. Zu diesen hat A. v. Hoff noch drei und G. v. Boguslawski noch einen Nachtrag hinzugefügt; die drei erstern finden sich in Pogg. Ann. Bd. 18, 174; Bd. 24, 221 und Bd. 34, 339; der letztere im 4. Ergänzungsbande zu Pogg. Ann. S. 1 und S. 353.

2. S. 183. A. v. Humboldt, Kosmos Bd. 3. S. 615. In demselben Bande des Kosmos S. 599 und 600 finden sich auch die von Arago auf S. 259 und 260 angeführten Stellen aus der Schrift von Heis (die periodischen Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen, abgeleitet aus den während der letzten 10 Jahre zu Aachen angestellten Beobachtungen) und aus einem Briefe von Schmidt.

3. S. 216. Bis hierher geht das Verzeichniß von Meteorsteinen und Feuerkugeln, das Kämtz im 3. Bd. seines Lehrbuchs der Meteorologie veröffentlicht hat, und dem mit Ausnahme der Feuerkugeln in China Arago folgt. Nach welchem Princip Arago die Auswahl der spätern Angaben getroffen hat, läßt sich nicht erkennen. Ein reichhaltigeres Verzeichniß der von 1835 bis 1850 incl. bekannt gewordenen Feuerkugeln und Meteorsteine hat G. v. Boguslawski in dem in Anmkg. 1. erwähnten Nachtrage geliefert. In den Reports of the British Association etc. für 1848 bis 1851 ist von Baden Powell ein Catalogue of observations of luminous meteors, der alle aus den letzten zwanzig Jahren ihm bekannt gewordenen Beobachtungen über Sternschnuppen und Feuerkugeln enthält, veröffentlicht worden.

Zum siebenundzwanzigsten Buch.

1. S. 263. Ueber das Zeichen des Planeten Jupiter und die sprachlichen Bemerkungen in Betreff der Namen siehe die oben beim Mars genannten Quellen.

2. S. 268. Derartige Wahrnehmungen und Untersuchungen, sowohl von J. D. Cassini, als von Maraldi finden sich in verschiedenen Abhandlungen in den älteren Bänden der pariser Memoiren; vergl. Lalande in der Astronomie, 3. Ausg., Vol. III. p. 336. — Auch hat Cassini schon während seines Aufenthalts in Italien, 1665 und 1667, eigene Abhandlungen über das Detail seiner Wahrnehmungen publicirt.

3. S. 268. Daß man die Einwendung, welche Arago hier macht, früherhin keineswegs übersehen hat, zeigen unter Anderem Schröter's Aeußerungen im I. Bde. der Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, Berl.

1788 S. 144. Man hatte wohl bemerkt, daß etwas den Passatwinden Analoges keine Beschleunigung in der scheinbaren Umdrehung hervorbringen konnte, und dachte vielmehr an eine mögliche Analogie mit den auf der Erdkugel abwechselnd wehenden Moussons. „Vom beständigen Ostwinde zurückgehaltene atmosphärische Massen", sind Schröter's Worte.

4. S. 268. Will. Herschel besonders nach den Beobachtungen in den Jahren 1778 und 1779 in den Philos. Transact. vom Jahre 1781.

5. S. 269. Aus den Beobachtungen eines Fleckens findet Schröter 17 par. Fuß in der Zeitsecunde; ein anderer ergab dagegen 348 Fuß. Beiträge 1. Bd., S. 124, 126.

6. S. 269. Airy aus Beobachtungen in den Jahren 1834 und 1835 im 9. Bde. der Memoiren der Royal Astr. Soc., Beer und Mädler in Beiträge S. 99. — Hooke's Beobachtung der Jupiterrotation, in der ersten Nummer der Phil. Trans. vom Mai 1664, also vor Cassini's Wahrnehmungen, ist im Texte übergangen.

7. S. 270. Globus satis rotundus, doch erwähnt Hevel der Flecken auf der Jupiterscheibe, „die nahe denen auf dem Monde gleichen"; Selenographia, Danzig 1647, p. 44.

8. S. 270. Die zürcher Ausgabe der Théologie Astron. scheint einen solchen Zweifel an der zu Derham's Zeit, besonders durch Pound's Messungen doch wohl begründeten Abplattung nicht zu enthalten. Sie ist vom J. 1760.

9. S. 270. Heliometermessung von Short; Lalande's Astronomie § 3345.

10. S. 270. Dasselbe fand Schröter auch im August 1796; vergl. den zweiten Band der Beiträge, Göttingen 1798, S. 245.

11. S. 271. Messungen mit dem kleinen Heliometer der berliner Sternwarte. Die Abplattung schwankt danach zwischen $^1/_{19}$ und $^1/_{22}$.

12. S. 272. Almagestum Novum Vol. I. p. 486. — Obgleich noch Gassendi (gest. 1656) positiv angibt die Streifen nicht erkannt zu haben, ist doch neuerdings durch Moll nachgewiesen worden, daß diese Entdeckung bereits von Torricelli gemacht wurde. Siehe Instit. Astron. im 3. Buche und Grant's History p. 244.

13. S. 273. In den Beiträgen S. 101. Dieses Umstandes scheint anderswo nicht Erwähnung zu geschehen, auch nicht in Mädler's Popul. Astronomie; erst in neuester Zeit hat Chacornac auf der pariser Sternwarte diese Bestimmung wiederholt.

14. S. 274. Genauer: in Breite und Lage; Outlines 4. Ausg. 1851, p. 313. Die Wahrnehmung ist übrigens von so vielen Beobachtern gemacht worden, daß zu dem im Texte angedeuteten Zweifel wohl kein Grund vorhanden ist.

15. S. 284. Eine merkwürdige, kürzlich angestellte, hierher gehörige Beobachtung wird erwähnt in Heis' Wochenschrift für Astronomie u. s. w. Jahrgang 1858, Nr. 13. Am 23. Jan. 1858 beobachtete v. Marenholtz in Hildesheim an demselben Abende Eintritt und Austritt des zweiten Jupitermondes, eine Beobachtung, zu welcher keine zweite vorhanden sein möchte.

16. S. 287. Ohne in eine Discussion der abweichenden Ansichten über eine

so vielfach behandelte Angelegenheit hier einzugehen, mag es genügen zu verweisen auf Kosmos II. Bd. S. 357—359 und III. Bd. S. 522, 551.

17. S. 287. Zach über Thomas Harriot's Beobachtungen der Jupitermonde in Bode's Jahrbuch für 1788, S. 154, 155 und mehrfach an andern Orten.

18. S. 288. Ist nicht in Uebereinstimmung mit Airy's Abhandlungen, die im 6., 8. und 10 Bde. der Mem. of the Roy. Astron. Soc. enthalten sind. Das Endresultat (X. pag. 47) ist vielmehr $1/_{1046,77}$. Eine ganz ähnliche Untersuchung, aber im Resultate ziemlich abweichend, hat Santini im XXI. Bde. der Schriften der Gesellschaft der Wissenschaften zu Modena bekannt gemacht. — Bessel's Massenbestimmung im 2. Bde. seiner Astronom. Untersuchungen, Königsberg 1842.

19. S. 289. Die hier mitgetheilten Zahlen sind die, welche W. v. Struve in Nr. 97 der Astron. Nachr. gegeben hat; sie stimmen vortrefflich überein mit dem, was früherhin Schröter und Harding aus der beobachteten Dauer der Ein- und Austritte an der Jupiterscheibe fanden.

20. S. 290. Laplace im 8. Buche der Mécanique céleste.

21. S. 294. Peter Wargentin's Tafeln erschienen zuerst 1746, wurden später aber (in mehreren Ausgaben) durch Einführung mehrerer empirisch bestimmter Ungleichungen bedeutend verbessert. Der schwedische Astronom wendete den größten Theil seines Lebens auf die Theorie dieser Trabanten.

22. S. 294. In der 3. Ausgabe von Lalande's Astronomie (1792) im 4., die Tafeln enthaltenden Bande.

23. S. 297. Sir John Herschel's Outlines § 543. — Im Jahre 1826 wurde der Planet zwei ganze Stunden hindurch ohne Satelliten gesehen. Vergl. auch Kosmos III. Bd. S. 523.

24. S. 299. Mitgetheilt im dritten Bande von Humboldt's Kosmos S. 112; doch scheint die Thatsache nicht ganz vereinzelt zu stehen.

25. S. 302. Outlines (Ausg. von 1851) pag. 331.

26. S. 305. Galle in Anm. 16, Kosmos III. Bd. S. 111.

Zum achtundzwanzigsten Buch.

1. S. 324. Nicht J. D. Cassini allein, sondern mit ihm besonders der ältere Maraldi und Fontenelle waren der successiven Fortpflanzung, und folglich der Anbringung der Lichtgleichung entgegen. Der Grund dazu lag aber weniger in den minder genauen Beobachtungen, als vielmehr darin, daß man die Constante bei den verschiedenen Satelliten verschieden fand, indem die Lichtgleichung vermischt mit den übrigen Ungleichheiten der Bewegungen, sich damals, wo man die Bahnen noch als kreisförmig ansah, und die beträchtlichen, aus andern Ursachen herrührenden Veränderungen in den Bewegungen noch vollkommen unbekannt waren, nicht bei allen Trabanten von gleicher Größe zeigen konnte. Fontenelle sagte in dieser Beziehung: wenn Jupiter nur einen Mond hätte, hätte man auf diese Weise leicht in einen

„großen Irrthum“ verfallen können. Vergl. darüber auch Grant's History p. 80, 81.

2. S. 331. Auch aus Flamsteed's Beobachtungen des Polarsterns hat Prof. Peters in Altona die Aberrationsconstante hergeleitet, bis auf wenige Zehntheile der Bogensecunde mit dem wahren Werthe derselben übereinstimmend.

3. S. 332. Bradley zuerst in den Philos. Transact. f. the Year 1729, doch nur auf Declinationsbeobachtungen gestützt. Es scheint, daß Eustachius Manfredi der Erste war, der in seiner Abhandlung De novissimis circa fixorum siderum errores observationibus, im 1. Bde. der Commentar. Bonon. 1731 das Vorhandensein des Aberrationsphänomens auch aus beobachteten Geradenaufsteigungen nachwies. Ueber das Geschichtliche der Entdeckung der Aberration vergleiche auch Grant's History of physical Astronomy, p. 336 u. flg. nebst p. 624.

4. S. 334. W. v. Struve schon hat die volle Uebereinstimmung der aus verschiedenen Sternen hergeleiteten Lichtgeschwindigkeiten aufs Ueberzeugendste nachgewiesen, besonders aus nördlichen Sternen in Schumacher's Astr. Nachr. Nr. 484.

5. S. 337. Eine ausführlichere Nachricht von diesen frühen Versuchen, die Lichtgeschwindigkeit aus Messungen auf der Erdoberfläche herzuleiten, in Arago's Biographie des Galilei, der deutschen Ausgabe Bd. III, S. 230 u. ff.

6. S. 346. Die Gleichung wegen der allmälichen Fortpflanzung des Lichtes hat zuerst der Vicarius Wurm bei seinen fleißigen und anhaltenden Untersuchungen über Algol mit in Betracht gezogen.

Zum neunundzwanzigsten Buch.

1. S. 347. Ueber diese Benennung des Saturn (*φαίνων*) siehe die Mittheilungen im III. Bde. des Kosmos S. 467—469.

2. S. 350. Bessel's Bestimmung der Masse aus genauen Elongationsmessungen des sechsten Mondes, in Astr. Nachr. Nr. 214; später hat Bessel auf demselben Wege $^{1}/_{3501,6}$ gefunden; ebendas. Nr. 242., XI. Bd. S. 24.

3. S. 353. Herschel in der Abhandlung von 1790, im 80. Bde. der Philos. Trans. II. Th. p. 480. — Das im Text erwähnte, mit der Rotation schwer in Einklang zu bringende Phänomen sind die fixen Punkte auf dem Ringe, wovon Schröter ausführlich handelt in seinen Kronographischen Fragmenten, Götting. 1808, und aus denen er, unter der Annahme, es seien diese Punkte Gebirgserhöhungen des Ringes, folgern zu müssen glaubte, der Ring nehme überall keinen Theil an der Axendrehung. Harding, der Theilnehmer an den erwähnten Beobachtungen, hat sich jedoch im Jahre 1833 der von Olbers gegebenen Erklärung dieser Erscheinung aus photometrischen Gründen angeschlossen: Kleine astron. Ephemeriden, V. Jahrgang S. 139. Vergleiche übrigens das 9. Kapitel unseres Textes „Ueber die Rotation des Saturnringes“ S. 375 ff.

4. S. 353. Entdeckt von Schwabe im Jahre 1827, und bestätigt durch Struve's, sowie späterhin durch andere Messungen; vergl. unter Anderm Astr.

Nachr. Nr. 139 im 6. Bde. Uebrigens ist die excentrische Lage der Kugel innerhalb des Ringes mehrfachen Veränderungen unterworfen, in welchen neuerdings Secchi eine Periodicität erkannt zu haben glaubt.

S. 354. Von den in Meilen ausgedrückten Angaben der Dimensionen des Saturn und seiner Ringe, so wie der Abstände seiner Trabanten, in diesen und den folgenden Kapiteln, gilt die Bemerkung Arago's auf S. 401, wonach die Genauigkeit solcher Angaben eine illusorische ist, weil die Unsicherheit derselben viele Meilen betragen kann. Der Uebersetzer hat deßhalb geglaubt, statt einer genauen Reduction der in französischen Lieues ausgedrückten Werthe, an den meisten Orten die von Hansen in Schumacher's astronomischem Jahrbuche für 1837 aufgeführten Zahlen entlehnen zu dürfen.

5. S. 357. Systema Saturnium, Haag 1659; doch war die Entdeckung bereits angezeigt in einer eigenen Schrift vom Jahre 1656. — Wie nahe bereits vorher Roberval der wahren Erklärungsweise gekommen, darüber vergl. man Delambre im II. Bde. der Hist. de l'Astron. Mod. Er kannte schon die Kreisgestalt des Gegenstandes, der in Projection sich als Ellipse zeigte.

6. S. 357. Um einem Mißverständnisse vorzubeugen, zu welchem die Worte des Textes veranlassen könnten, muß bemerkt werden, daß Riccioli's Werk acht Jahre vor Huygens' Bericht über die wahre Natur des Saturnringes erschien.

7. S. 359. Vieth hat in den Astron. Nachr. Nr. 260 zuerst auf die betreffende Stelle in den Actis Erud. von 1684 hingewiesen, welche diese merkwürdige Wahrnehmung des avignoner Probstes Gallet enthält. Vergl. über dieselbe Olbers in Harding und Wiese's Ephemeriden für 1835 S. 97.

8. S. 360. Opticks im zweiten Bande der Originalausgabe, ist die Stelle, auf welche man sich bei Anführung dieser so äußerst wichtigen Wahrnehmung stets bezieht, ohne daß es trotz mehrfacher Bemühung bisher gelungen wäre, die eigentliche Quelle, aus der Smith geschöpft hat, aufzufinden. Es ist bisher leider ebensowenig geglückt, eine derartige Beobachtung zu wiederholen.

9. S. 361. Maraldi besonders in den pariser Memoiren von 1715, und W. Herschel in den Phil. Trans. für 1792. — Hind und O. Struve haben gefunden, daß die Theilung schon vor Cassini von William Ball (1665) und einem andern englischen Astronomen (vermuthlich Wallis) gesehen worden war. J. D. Cassini's erste Mittheilung ist dagegen vom Jahre 1677.

S. 361/2. Die im Texte erwähnte Beobachtung der Herschel'schen Theilung durch ,,William Ball of Mainhead near Exeter'' ist in den Philosophical Transactions für 1665/66, S. 153, enthalten; vergleiche auch Grant's History, S. 526.

10. S. 362. Diese Beobachtung Short's, mit einem 12 füßigen Teleskope, theilt Lalande mit in der Astronomie § 3351.

11. S. 363. Kater im 4. Bde. der Memoiren der Astr. Soc. zu London; Encke über die Theilung des äußeren Ringes im 15. Bde. der Astr. Nachrichten.

12. S. 365. Da im Texte auf S. 354 ff. des so merkwürdigen, von Bond

in Cambridge und Dawes bei Maidstone gegen Ende 1850 fast gleichzeitig entdeckten, von Galle bereits 1838 gesehenen, dunkleren, aber durchscheinenden Ringes erwähnt wird, der sich zwischen dem inneren hellen Ringe und der Planetenkugel befindet, so mag hier beigefügt werden, daß sich die neuesten Wahrnehmungen der Astronomen hauptsächlich auf dessen Eigenthümlichkeiten bezogen haben. — Otto v. Struve hat in seiner inhaltreichen Abhandlung Sur les dimensions de l'anneau de Saturne (1852) an zwei, übrigens schon von Rob. Smith hervorgehobene Stellen in den Bänden XXX. und XXXII. der Phil. Trans. erinnert, woraus unzweifelhaft hervorgeht, daß bereits Pound und Hadley diesen dunklen Ring, an der Stelle, wo er vor der Planetenkugel hinstreicht, wahrgenommen haben. Andere Astronomen früherer Zeit hatten ihn zwar auch gesehen, aber ihn irrthümlich für Schatten des Ringes auf der Kugel gehalten. Pound und Hadley täuschten sich in dieser Beziehung nicht.

13. S. 369. Phil. Trans. f. the Year 1805. In dieser sonderbaren Gestalt nach den Herschel'schen Beobachtungen findet man Saturn abgebildet in Bode's Jahrbuch für 1809. Bessel's und neuerdings Main's Messungen haben indessen auf keinerlei Abweichung von der regelmäßig elliptischen Gestalt geführt.

14. S. 370. Ueber die Figur des Saturn mit Rücksicht auf die Attraction seiner Ringe siehe die Abhandlung von Bessel im 15. Bde. von Zach's Monatl. Correspondenz S. 239 u. ff.

15. S. 372. Dies so äußerst auffällige Verhältniß, das in beiden Fällen bis etwa $^1/_{800}$ der längeren Periode zutrifft, ist früherhin unbeachtet gewesen. — Vergl. Outlines of Astronomy 5. Ausg. S. 337. Die erste Mittheilung in einem Briefe an Schumacher. — Wenn Schweigger vermuthete (Astr. Nachr. Nr. 832), der Ring habe zur Rotationszeit die Hälfte von der Umlaufszeit des ersten Trabanten, so ging er dabei von einer sehr abweichenden Annahme für die Rotation des Ringes aus.

S. 378/9. Die angezogenen Untersuchungen von Laplace über den Saturnring finden sich in der Mécanique céleste, Tome II., im 6. Kap. des dritten Buchs, so wie in der Exposition du système du monde, Buch 4, Kap. 9. In neuerer Zeit sind dergleichen Untersuchungen über die Stabilität des Ringes und über die flüssige Beschaffenheit seiner Materie von dem nordamerikanischen Astronomen Peirce geführt worden, dessen Resultate in Gould's Astronomical Journal Bd. II. (1851) enthalten sind. Vergleiche auch Kosmos III. S. 527 und 553.

Zum dreißigsten Buch.

1. S. 385. Vergl. S. 392 und 393. — Bode's Jahrbuch f. 1785, S. 191.

2. S. 386. Nach neueren Beobachtungen von Satellitenelongationen besonders in den letzten Bänden der Mittheilungen der Astr. Soc. (Lassell und Otto v. Struve) ist die Masse größer, als Lamont sie bestimmte; nach Adams etwa $^1/_{21000}$, nach

Hind etwa $1/_{20500}$ (Monthly Notices, 1854 Nr. 2.). Siehe auch im Text S. 405.

3. S. 392. Im Nautical Almanac für 1851 ist zum ersten Male The Georgian durch Uranus ersetzt worden — nach glaubwürdiger Angabe „mit voller Zustimmung Seitens Sir John Herschel's."

4. S. 397. Mädler's Astronomie 4. Aufl. S. 469; Astr. Nachr. Bd. XXI. S. 207 nach Messungen vom Sept. 1843, mit einem Unterschiede in beiden Axen von nur 0",4. Andere Astronomen, besonders englische, haben indessen mit vorzüglicheren Instrumenten keine Ellipticität der kleinen Scheibe wahrzunehmen vermocht; auch O. v. Struve hat nach pulkowaer Beobachtungen sich gegen das Vorhandensein einer merkbaren Abplattung ausgesprochen. Es ist indessen mit Recht darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei der eigenthümlichen Lage der Bahnen der Uranustrabanten, es sich, falls Aequator und Bahnebenen zusammenfallen, ereignen muß, daß die Gelegenheit, die möglicherweise vorhandene Abplattung zu beobachten, eine sehr seltene ist. Vergl. Rob. Grant's History of Phys. Astronomy p. 278.

S. 406/7. Ueber die Beobachtungen der Uranussatelliten vergleiche unter Anderem den 3. Band des Kosmos, S. 531/2. Es scheint daraus hervorzugehen, daß in unserem Texte eine kleine Verwechselung stattgefunden hat, wenn von zwei nicht wiedergesehenen Trabanten die Rede ist, und dennoch die Auffindung des fünften durch Lassell erwähnt wird. Von den durch Will. Herschel entdeckten Monden (nach dem Abstande geordnet No. 3, 4, 5, 6, 7, 8), sagt Humboldt, „sind bisher wiedergesehen worden der 3., 4., 6. und 8., vielleicht darf man auch den 5. hinzusetzen, nach der Beobachtung Lassell's vom 6. Nov. 1848. Der 4. und 6. Satellit sind am frühesten, sichersten und häufigsten wiedergesehen worden von Sir John Herschel in den Jahren 1828 bis 1834 in Europa und am Vorgebirge der guten Hoffnung, später von Lamont in München und von Lassell in Liverpool. Der 3. Satellit des Uranus wurde von Lassell (14. Sept. bis 9. Nov. 1847) und von Otto Struve (8. Oct. bis 10. Dec. 1847), der äußerste (8.) von Lamont (1. Oct. 1837) aufgefunden. Noch gar nicht wiedergesehen scheint der 7., nicht befriedigend genug der 5. Satellit."

Rücksichtlich der folgenden Tabelle der Abstände und Umlaufszeiten vergleiche die zu der analogen Tabelle S. 401 gemachte Bemerkung Arago's.

Zum einunddreißigsten Buch.

1. S. 410. Die im Texte genannten Astronomen, auch der Amerikaner Peirce, haben sich großentheils wiederholt mit dieser Untersuchung beschäftigt. Es ist danach ausgemacht, daß die Zahl $1/_{17500}$ keinem großen Fehler unterworfen sein kann. Hind's Solar System 1851, p. 136; Monthly Notic. XV., p. 48.

2. S. 411. Nach mündlicher Mittheilung von Bouvard an Hussey, Astr. Nachr. XXV. Bd. S. 136; doch hat Hansen selbst diese ihm zugeschriebene Aeußerung

als jedenfalls unrichtig bezeichnet. Ueber diese und andere Vermuthungen über die Frage, worin man später die Erklärung von den Abweichungen des Uranus finden würde, ist insbesondere v. Lindenau's Abhandlung zur Geschichte der Neptunsentdeckung zu vergleichen, in Schumacher's Ergänzungsheft zu den Astr. Nachr. 1849.

3. S. 412. Kosmos III. Bd. S. 555.

S. 416/7. Die Worte Arago's, daß ohne den durch die Karte von Bremiker unterstützten Erfolg Galle's „die Bestätigung der Entdeckung Leverrier's um eine oder zwei Wochen verzögert worden sein würde", könnte man auf die zum Zwecke der Auffindung des unbekannten Planeten nach den Rechnungen des Engländers Adams durch Professor Challis in Cambridge angestellten Beobachtungen beziehen, wenn in unserem Texte nicht kurz darauf gesagt wäre, daß „die englischen Astronomen doch nicht hinreichendes Zutrauen in Adams' Rechnungen setzten, um sie zum Ausgangspunkte für anhaltende Nachforschungen am gestirnten Himmel zu machen." Arago scheint hierbei den Umstand unbeachtet gelassen zu haben, daß Challis bei seiner Durchforschung der von Adams ihm angezeigten Stelle des Himmels (seit 29. Juli 1846), die Position des neuen Planeten, wie sich später ergab, bereits am 4. und am 12. August notirt hatte, so daß ihm die eigene Bewegung desselben schwerlich entgangen wäre, wenn er, wie sein Plan war, Zeit gefunden hätte, seine Beobachtungen zum Entwurfe einer genauen Karte zusammenzustellen.

Eine ausführliche Darstellung der Geschichte der Neptunsentdeckung, vom englischen Standpunkte aus, findet man in Airy's "Account of some Circumstances historically connected with the discovery of the planet exterior to Uranus" (abgedruckt in No. 585/6 der astronomischen Nachrichten), so wie in der mehrfach erwähnten History of physical Astronomy, by Rob. Grant, London 1852. Endlich möge unter den zahlreichen Schriften über diese Entdeckung, außer der bereits angeführten Darstellung unseres Lindenau, der Bericht des nordamerikanischen Astronomen Gould „Report to the Smithsonian institution on the History of the Discovery of Neptune" Erwähnung finden. — Die Rechnungen von Adams sind im englischen Nautical Almanac für das Jahr 1851 unter dem Titel „Explanation of the observed irregularities in the motion of Uranus on the hypothesis of disturbances caused by a more distant planet; with a determination of the mass, orbit and position of the disturbing body," publicirt und am 27. März 1847 als Beilage der No. 593 der astronomischen Nachrichten beigegeben worden. —

4. S. 419. Indessen hat doch Leverrier in der ersten Näherung bei Auflösung des Problems sich des „merkwürdigen Gesetzes bedient, welches sich in den mittleren Abständen von der Sonne zeigt." und danach durch Bedingungsgleichungen das vorausgesetzte Verhältniß zwischen den Halbaxen der Neptun- und Uranusbahn näher zu bestimmen gesucht, — freilich nachdem eine vorhergehende Untersuchung erwiesen hatte, daß sich der gesuchte Planet weder innerhalb der Uranusbahn, noch, ohne Voraussetzung einer höchst beträchtlichen Masse, sehr weit jenseit des Uranus befinden konnte. Vergl. seine Abhandlung Recherches sur les mouvements de la Planète Herschel in der Connaiss. des Temps für 1849. Bekanntlich ist die Ab-

weichung der Axe der wahren Neptunsbahn vom Titius'schen Gesetze außerordentlich groß.

5. S. 420. Encke in seiner Gedächtnißrede auf Bessel, in den Abhandl. der berliner Akademie.

6. S. 421. Von diesen beiden Beobachtungen (es ist der 8. Stern auf S. 158 der Histoire céleste) hat Lalande nur die zweite vom 10. Mai gedruckt, dagegen die erste, welche Mauvais in den Originalbeobachtungen auffand, unterdrückt, vermuthlich weil er den Mangel an Uebereinstimmung in beiden Positionen bemerkt hat. Man kann zugleich annehmen, daß es auch diese, durch die Bewegung des Planeten erzeugte Verschiedenheit war, die Lalande veranlaßte, die zweite Beobachtung als nicht sicher zu bezeichnen. — Die glückliche Auffindung der Beobachtung verdankt man übrigens dem altonaer Astronomen Petersen.

Zum zweiunddreißigsten Buch.

1. S. 426. Die Ansicht, daß die Wärmephänomene einem imponderablen Fluidum, einem sogenannten Wärmestoff zuzuschreiben seien, dürfte in den letzten Jahren sich eines immer geringer werdenden Beifalls zu erfreuen gehabt haben; dieselben werden vielmehr mit größerem Rechte als Bewegungserscheinungen betrachtet.

2. S. 441. In bestimmterer Weise sind die Definitionen der specifischen Wärme und Wärmecapacität so zu fassen: Specifische Wärme ist diejenige Wärmemenge, welche die Masseneinheit (z. B. 1 Kilogr.) eines Körpers gebraucht, um ihre Temperatur um 1° zu erhöhen. Sie ist also eine benannte Zahl, und gibt an, wie viel Wärmeeinheiten zu der bezeichneten Temperaturerhöhung nöthig sind; als Wärmeeinheit dient dabei diejenige Wärmemenge, welche die Masseneinheit des Wassers gebraucht, um ihre Temperatur von 0° bis 1° zu erhöhen. Wärmecapacität auf Wasser als Einheit bezogen ist dann diejenige Verhältnißzahl, welche angibt, wie viel Mal die specifische Wärme eines Körpers größer ist, als die des Wassers. Bei der hier gewählten Wärmeeinheit sind die Zahlen für die specifische Wärme und die Capacität zwar gleich groß, unterscheiden sich aber dadurch, daß die erste durch eine benannte, und die zweite durch eine unbenannte Zahl ausgedrückt wird.

3. S. 443. Nach Watt sollte die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit Wasser von 0° aufnehmen muß, um bei irgend einem Temperaturgrade in Dampf überzugehen, dieselbe bleiben; dann würde also die latente Wärme des Wasserdampfes mit der Temperatur veränderlich sein, dergestalt daß stets die Summe der latenten und der freien (d. h. durchs Thermometer angezeigten) Wärme eine constante Größe wäre. Southern dagegen nahm an, daß die latente Wärme des Wasserdampfes bei allen Temperaturen constant bliebe; danach würde also die gesammte von einer Gewichtseinheit Wasser von 0° aufgenommene Wärmemenge, um Dampf von einer gegebenen Temperatur zu bilden, sich ändern; man würde sie durch Addition der constanten latenten und der durch die Temperatur gegebenen freien Wärme erhalten. — Nach Regnault's neueren Versuchen (Mém. de l'Acad. des Sciences, 1847,

Bd. XXI. S. 635—728) wird keine dieser beiden Annahmen durch die Erfahrung bestätigt; es ist weder die latente Wärme allein (nach Southern), noch die Summe der latenten und freien Wärme (nach Watt) eine constante Größe; doch schließt sich letztere Ansicht den Versuchen näher an, als die erstere. Nach Regnault bedarf die Gewichtseinheit Wasser von 0°, um Dampf von 0° zu bilden, die Wärmemenge 606,5; während Wasser von 0°, um Dampf von 100° zu bilden, die Wärmemenge 637,0 erfordert; während also die latente Wärme des Wasserdampfes bei 0° 606,5 beträgt, ist sie bei 100° nur 537,0.

Arago scheint sich im Texte noch der Watt'schen Ansicht anzuschließen; dann sind aber die Zahlen 525, 515, 505 jedenfalls falsch; sie müssen heißen: 625, 615, 605. Es ist auffallend, daß er die Regnault'schen Resultate unbeachtet läßt.

4. S. 467. Genaueres über diese klimatischen Verhältnisse Nordamerikas findet sich in: Dove, klimatologische Beiträge; 1857. I. S. 1 ff.

5. S. 471. Die Erklärung der Passatwinde durch die erwärmende Wirkung der Sonne und die ungleiche Rotationsgeschwindigkeit der verschiedenen Parallelkreise der Erde ist zuerst von Hadley (The cause of the general Trade-Wind, Philosoph. Transact. 1735, S. 58) gegeben worden. S. Dove, meteorologische Untersuchungen, S. 245.

6. S. 475. Ueber die Entstehung dieser Stürme s. Dove, klimatologische Beiträge, I. S. 184 ff., über das Gesetz der Stürme.

7. S. 488. Die erste Isothermenkarte von A. v. Humboldt erschien in dem 3. Bde. der Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil, 1817. Di dazugehörige Abhandlung findet sich auch in dem 1. Bde. von A. v. Humboldt's kleineren Schriften S. 206 bis 314.

8. S. 490. Die neueste Darstellung der Verbreitung der Wärme auf der Erde nicht blos durch Jahresisothermen, sondern auch durch Monatsisothermen verdanken wir Dove. Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde erläutert durch Isothermen, thermische Isanomalen und Temperaturcurven, von H. W. Dove. Zweite sehr vermehrte Auflage der Monatsisothermen. Berlin 1852. — Die Verbreitung der Wärme in der nördlichen Hemisphäre innerhalb des 40. Breitengrades von H. W. Dove.

9. S. 513. Die Wärme der Mondstrahlen ist mit Sicherheit zuerst von Melloni mittelst einer Zonenlinse von 1 Meter Durchmesser nachgewiesen worden, indem er das in ungefähr 1 Meter Abstand hinter derselben entstehende Bild des Mondes von 1 Centimeter Durchmesser auf eine Thermosäule fallen ließ; er erhielt je nach der Zeit der Beobachtung Ausschläge von 0,6° bis 4,8° an dem mit der Thermosäule verbundenen Multiplicator. Melloni theilte seine Versuche der pariser Akademie in einem Briefe an Arago mit. Compt. rend. XXII, 541.

10. S. 516. Ueber den Lauf der Isothermen in der Nähe des Poles vergl. man die von Dove in seinen klimatologischen Beiträgen gegebene Karte, und den Abschnitt desselben Werkes: Einige Bemerkungen über die Temperatur der Polargegenden S. 48 ff. Die genannte Karte findet sich auch in: Die Verbreitung der Wärme

in der nördlichen Hemisphäre innerhalb des 40. Breitengrades von Dove; nebst zwei Karten. Danach umschließt die Jahresisotherme von —12° R. (—15° C.) noch einen zusammenhängenden Raum. In der Erläuterung zu den letzten beiden Karten fügt Dove hinzu: „Die kälteste Region der Erde (am Nordpol) besteht also nicht aus zwei von einander geschiedenen Gebieten, sondern sie liegt in Bezug auf den Drehungspol der Erde in der Weise unsymmetrisch, daß sie von Europa aus hinübergedrängt erscheint nach der Stelle des Eismeeres, welches die nördlichen Ufer der östlichen Seite von Asien und der westlichen von Nordamerika bespült. Wenn wir von einer zusammenhängenden kältesten Stelle der mittleren Jahreswärme im Gegensatz der Annahme getrennter Kältepole sprechen, so soll damit nicht gesagt sein, daß nicht innerhalb derselben mehrere relative Maxima dieser Kälte auftreten können."

Zum dreiunddreißigsten Buch.

S. 520. Die in diesem Buche von Arago mitgetheilten chronologischen Angaben sind größtentheils älteren Autoren entnommen, und obgleich viele einschlagende Fragen auch jetzt noch nicht ihre definitive Erledigung gefunden haben, so läßt sich doch nicht leugnen, daß die Ansichten der Chronologen besonders seit den Arbeiten von Ludwig Ideler (siehe namentlich dessen Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie, 2 Bde. Berlin 1825—26), — der neueren Untersuchungen von Biot, Böckh, Lepsius, Mommsen u. A. nicht zu gedenken, — wesentliche Aenderungen und Berichtigungen erfahren haben.

1. S. 523. Goguet, auch im Anschlusse an Jos. Scaliger, im 1. Bde. De l'Origine des Loix etc. p. 217. Ueber die achttägige Woche der Römer vergl. bei Ideler, im 2. Bde. des Handbuchs der Chronologie, S. 135.

2. S. 524. Ueber die beiden Erklärungsweisen des Dio Cassius über die Reihenfolge der Wochentage, sowie über eine dritte, von Letronne aufgestellte, handelt ausführlich Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 470 u. ff.

S. 529. Die Orthographie der Wochentage, Monatsnamen u. s. w. hier und in den folgenden Kapiteln, ist in der Uebersetzung meist aus Ideler's Handbuche entlehnt worden.

3. S. 531. Eine Uebersicht über die Zeitrechnung der Aegypter und die diesen Gegenstand betreffende reiche Literatur gibt Ideler im Handbuche I. Bd. S. 93 ff. — Ueber das Wort Nesi oder nesi zur Bezeichnung der Epagomenen vergleiche Bd. II, S. 497 und 505; das Schaltjahr heißt bei den Arabern kebise (das. S. 481 u. 510).

4. S. 532. Auch hier ist wiederum auf den Abschnitt über die Zeitrechnung der Griechen bei Ideler I. S. 227 ff. zu verweisen. So wich beispielsweise auch die Rechnungsweise der Macedonier merklich von den sonst in Griechenland üblichen ab. Ueber die Zeitrechnung der Römer handelt Ideler im 2. Bde. S. 3—174, siehe auch Th. Mommsen's römische Chronologie, Berlin 1858.

5. S. 533. Den Ursprung des Namens dieses zweiten, von Numa dem

römischen Kalender hinzugefügten Monats, von dem bekannt ist, daß er lange Zeit hindurch bei den Römern das Jahr abschloß, erklärt Festus noch auf zwei andere Weisen, worüber auf den betreffenden Artikel in der großen französischen Encyclopédie zu verweisen ist. — Macrob. Saturn. I, 13 sagt: Secundum (mensem) dicavit Februo deo, qui lustrationum potens creditur. Vergl. auch Ideler II. S. 51.

6. S. 536. Diese Anordnung des Schaltmonats nach den Angaben des Macrobius und Varro; über das Ganze theilt wiederum Ideler im 2. Bde. soviel mit, als sich aus den oft widersprechenden Stellen bei den Alten ermitteln läßt.

7. S. 537. Daß der Beginn auf den 22. September 1792 fällt, wird später im 33. Kap. dieses Buchs erwähnt. — Lalande und Delambre, die zu jener Zeit wohl das meiste Ansehen unter den französischen Astronomen genossen, hatten stets, vorzüglich der Erstere, eine große Abneigung, wie gegen alle veränderten Einrichtungen der Republik, so auch gegen deren Kalender. Nur der Gewalt folgend berücksichtigte Lalande die neue Zeitrechnung in der damals von ihm herausgegebenen Connaissance des Temps, um dieselbe sobald als möglich wieder aufzugeben. Der eifrigste Vorfechter für den neuen Kalender, Romme, wurde an demselben Tage hingerichtet, an welchem das Kalenderproject veröffentlicht wurde.

S. 537. Macrob. Saturn. I, 14 sagt: Hinc Attejus Capito annum a circuitu temporis putat dictum: quia veteres an pro circum ponere solebant. Siehe auch Ideler II S. 589.

S. 537/8. Nach den neuesten Bestimmungen (siehe Hansen's Sonnentafeln) beträgt die Länge des siderischen Jahres 365,2563582 Tage oder 365 Tage 6 St. 9 Min. 9,35 Sec., woraus für 1850 die Länge des tropischen Jahres zu 365,2422008 Tagen oder 365 Tagen 5 St. 48 Min. 46,15 Sec. sich ergibt. Will man die Länge des tropischen Jahres für einen anderen Zeitpunkt ermitteln, so hat man zu berücksichtigen, daß der Betrag derselben sich im Laufe eines Jahrhunderts um 0″5392 vermindert. Hierbei ist angenommen, daß vermöge der allgemeinen Präcession die Nachtgleichenpunkte in 365¼ Tagen um 50″23414 zurückweichen, eine Größe, welche in hundert Jahren (gleichfalls von 1850 an gerechnet) um 0″02238 zunimmt.

S. 538/9. Das Citat aus Plutarch über Hermes Trismegistos u. s. w. scheint apokryph.

S. 541. Ueber die Sothisperiode vergl. Ideler I, S. 124 ff.

8. S. 542. Etwa 300 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung. Dieselbe Vereinfachung, die Kalippus mit dem Meton'schen Cyclus vorgenommen hatte, führte Hipparch späterhin zu dem nach diesem Astronomen benannten, noch genaueren Cyclus von 304 Jahren. Vergl. Lalande in der Astronomie § 1417. — Wie unsere Kenntniß von den näheren Einzelheiten in diesen cyclischen Anordnungen in der Hauptsache auf dem beruht, was Geminus aufbewahrt hat, findet man ausführlich bei Ideler im 1. Bde. des Handbuchs.

Die Literatur über die griechischen Schaltcyclen ist eine sehr umfangreiche, und namentlich scheint etwas völlig Sicheres über die Einrichtung und die

Einführung des Meton'schen Cyclus von den Chronologen noch nicht ermittelt. Vergleiche unter Anderem eine Abhandlung von Emil Müller „die Ergebnisse der neuesten Erörterungen über die griechischen Mondcyclen" im Jahrgang 1857 der Zeitschrift für Alterthumswissenschaft.

Ueber die erst im Mittelalter entstandene Benennung der güldenen Zahlen siehe Ideler II, 122.

S. 544. Ueber die Anordnung der Schaltmonate im „Jahre der Verwirrung" (nach Macrobius „annus confusionis ultimus") siehe Ideler II, 122.

S. 546. Ueber die Art, wie Augustus die fehlerhafte Einschaltung corrigirte, siehe ebendas. S. 132.

S. 546. Die Zeitrechnung der Hebräer behandelt Ideler ausführlich und mit Unterscheidung mehrerer Perioden Bd. 1, S. 477 ff.; mit Bezug auf die Verwandschaft des jüdischen und Meton'schen Schaltcyclus vergl. auch S. 330.

S. 546. Von der Benennung der Schalttage und Schaltmonate sagt Macrob. Saturn. I, 13: Hos dies ὑπερβαίνοντας, menses vero ἐμβολιμούς appellabant; es scheint nicht, als wenn die Griechen das Beiwort ἐμβολιμός vom Jahre gebraucht hätten: vergl. indeß Ideler II, S. 265 über den Ausdruck Embolismus oder Mondschaltjahr.

S. 547. Ueber die Zeitrechnung der Araber und Türken handelt Ideler im 2. Bde. S. 471 ff. und 559 ff.

S. 549. Laplace sagt in der Exposition du système du monde, (Buch 5, Kap. 1) die Chinesen hätten den neunzehnjährigen Cyclus bereits 16. Jahrhunderte vor Meton gekannt. Vergl. jedoch Ideler I. 313 nebst der Anmerkung II. 608.

S. 550. Die Zeitrechnung der Perser bei Ideler II. S. 503 ff. Ueber die Schaltregel des dschelalischen Jahres und ihre Vergleichung mit der gregorianischen siehe S. 530. Nach den oben gegebenen Daten würden übrigens 10000 tropische Jahre, von Christi Geburt an gerechnet, 3652420 Tage enthalten.

S. 551. Der Chronologie der christlichen Völker widmet Ideler den größten Theil seines zweiten Bandes (S. 175—470); über die Vorbereitung und endliche Aufstellung der Kalenderverbesserung, sowie die Person des Aloysius Lilius siehe S. 300 ff.

S. 554. Wenn nach dem gregorianischen Kalender von Christi Geburt bis zum Jahre 10000 3652425 Tage verfließen, so stellt sich im Vergleich zur astronomischen Dauer dieser 100 Jahrhunderte ein plus von 5 Tagen heraus.

S. 556. Von der Einführung der Kalenderreform bei den verschiedenen Völkern berichtet Ideler S. 321 ff.; es geht daraus hervor, daß in Schweden die Einführung erst am 18. Februar — 1. März 1753 geschah. In Deutschland faßten die evangelischen Stände besonders auf Leibniz' Betrieb, und mit Zuziehung des jenaer Mathematicus Erhard Weigel am 23. Sept. 1699 den Beschluß der Annahme des sogenannten verbesserten Kalenders, der sich vom gregorianischen noch durch eine Modification in der Berechnung des Osterfestes unterschied. Die Annahme des nach der cyclischen Rechnung geordneten „verbesserten Reichs-

kalenders“ erfolgte endlich auf den Antrag Friedrich's II. durch das Corpus Evangelicorum am 13. Sept. 1775. Die Russen und Griechen beharren nunmehr in Europa allein noch beim alten Kalender (Jahresanfang also gegenwärtig mit dem 13. Januar, im achtzehnten Jahrhundert mit dem 12. Januar neuen Stils u. s. w.).

S. 557. Ueber die verschiedenen Jahresanfänge der christlichen Völker siehe Ideler II. 326, 329, 359 u. s. w.

9. S. 559. Delambre Astronomie théorique et pratique, Paris 1814, Vol. III, p. 696; zugleich mit interessanten Nachrichten über die Schwierigkeiten bei Aufstellung des neuen Kalenders der Republik.

S. 560. Zum 23. Kapitel vergl. Ideler I. 372 ff. u. II. 77 ff.

S. 560. Die Bedeutung des Wortes Indiction (von indicere) erörtert Ideler II. 347 ff. nach Savigny (Schriften der berliner Akademie 1822/23 S. 57), wonach der Cyclus der Indictionen ursprünglich eine Steuerperiode war, nach deren Ablaufe die allgemeine Erneuerung der Kataster im römischen Reiche stattfand.

10. S. 562. Horaz im Carmen Saeculare. Ueber die verschiedene Bedeutung des Saeculum bei den Römern ist wiederum, nach den Quellen, Ideler zu vergleichen, II. S. 75—82 ff.

S. 562. Ideler hält das Wort aera oder era von einem Stamme mit Jahr, year, oder dem jera des Ulfilas und glaubt, es sei durch die Gothen nach Spanien gebracht worden: siehe II. S. 427 ff.

S. 563. Ideler handelt von den verschiedenen Weltären der Chronologen II. S. 444 ff.; über die Epochen der Olympiaden, der Erbauung Roms, des Nabonassar siehe I. 372, II. 154, I. 98; über die Aera vulgaris des Dionysius exiguus II. S. 366.

S. 566. Ueber den 15. Juli 1622 als die Epoche der mohammedanischen Hedschra vergl. Ideler II. 482 ff. Zugleich macht derselbe darauf aufmerksam, daß der eigentliche Tag der Flucht Mohammeds nicht mit der Epoche der Aera zusammenfällt, sondern in den 3. Monat des ersten Jahres der Hedschra zu setzen ist.

11. S. 568. Eine so frühe Feier des Osterfestes, wie im Jahre 1818, wird sich erst 2285 wieder ereignen; der letzte Fall dieser Art war im Jahre 1761 eingetreten. Man sehe Bode's Aufsatz über die frühe Feier des Osterfestes im Jahre 1818, im berliner Jahrbuche für 1818, S. 277.

12. S. 569. Gauß' rein arithmetische Regeln, die sich nun in jeder Chronologie finden, stehen zuerst für das christliche Osterfest in Zach's Monatlicher Correspondenz, II. Bd. (1800) S. 122, (nebst einer Berichtigung im 1. Hefte der Lindenau-Bohnenberger'schen Zeitschrift für Astronomie S. 158) und zur Berechnung des jüdischen Osterfestes in Mon. Corresp. V. Bd. S. 435, 436.

S. 570. Ueber die Bedeutung von Epacte (von ἐπάγειν) vergl. Ideler II, 239.

S. 579. Ueber die Feste der Moslemen siehe Ideler II. 477; über Geburts- und Todestag des Propheten (nach Ideler bezüglich der 10. und 12. Rebi-el-awwel) ebendas. S. 498.

S. 580. Von den Festen der Israeliten handelt Ideler I. 495, 514, 563; über den Anfang des kirchlichen und bürgerlichen Jahres, so wie über die Beschaffenheit der jüdischen Monate vergleiche S. 491.

S. 585. Auch Des-Vignoles (Chronologie sainte, Berlin 1738) vertheidigt die alte Jahreslänge von 360 Tagen — siehe Ideler I. 479.

S. 586. Ueber das große Jahr berichtet Ideler nach Dom. Cassini, Mairan, Goguet, Legentil und Bailly im 1. Bd. der Chronologie S. 211, über die Phönixperiode vergl. S. 183 ff. u. s. w.

S. 589. Ueber den Zeitpunkt der Geburt und der Kreuzigung Christi ist fast eben so viel, wie über das Jahr der Sündfluth oder die Gründung Rom's gestritten worden. Von neueren Untersuchungen führen wir nur die Arbeiten von Joh. v. Gumpach an, der sich mehrfach mit biblischer Chronologie beschäftigt hat (Alttestamentliche Studien — Zeitrechnung der Babylonier und Assyrer — Hülfsbuch der rechnenden Chronologie u. s. w.).

S. 591. Der julianischen Periode Scaliger's erwähnt Ideler in der Einleitung des 1. Bandes S. 76.

S. 595. Ueber die Isagoge in Arati phaenomena von Geminus und die Schrift des Ptolemäus *Φάσεις ἀπλανῶν ἀστέρων· καὶ συναγωγὴ ἐπισημασιῶν* siehe Ideler I. 358. Laurentius Lydus schrieb „De ostentis et de mensibus" (ed. Hase, Paris 1823).

S. 604. Vom Obelisken des Sesostris erzählt Plinius Nat. hist. lib. 36. Ueber die verschiedenen berühmten Gnomonen sehe man den Artikel Méridienne in der französischen Encyclopédie, von Lalande verfaßt.

Zum vierunddreißigsten Buch.

S. 615. Keppler in seiner sehr seltenen Schrift: Somnium, seu opus posthumum de Astronomia lunari, Sagan und Frankfurt 1634. Einen Auszug daraus liefert Kästner im 4. Bde. der Geschichte der Mathematik.

S. 620. Mit Bezug auf die Verkleinerung des Sonnenbildes durch einen ausgeschnittenen Schirm ist zu erinnern, daß der auf diese Weise erzeugte Lichtkegel eine andere Gestalt hat, als der in der Entfernung des Jupiter von der Sonne in das Saturn, im XXII. Auge gelangende Strahlenkegel.

S. 623. Von den Erscheinungen des Ringes, vom Saturn aus gesehen, gibt Dionysius Lardner eine genaue Darstellung in seinem populären Handbook of Astronomy, und ganz ausführlich, mit Berichtigung erheblicher Irrthümer in der bisherigen Vorstellungsweise, in seiner Abhandlung On the Uranography of Bande der Memoiren der Königl. astronom. Societät zu London.

S. 625. Von der Sichtbarkeit der Phasen der Erdscheibe abgesehen, erscheinen selbstverständlich die Bewegungen der Gestirne, der Sonne u. s. w. dem Mondbewohner ebenso auf der abgekehrten Mondhälfte, wie auf der der Erde zugewandten Halbkugel.

S. 626. Die Phänomene, welche dem Beschauer auf dem Monde unsere Erde zeigt, werden etwas verwickelter, wenn man auf die Librationsbewegung des Mondes Rücksicht nimmt. Auch würde für eine genauere, als von Arago beabsichtigte Erörterung zu bedenken sein, daß die Erdaxe auf der Mondbahn nicht senkrecht steht, so wie daß wegen der Umdrehungsbewegung des Mondes um die Erde, die im Texte erwähnten Erscheinungen nicht sowohl in vierundzwanzig, als vielmehr erst in nahezu 25 unserer Stunden sich wiederholen können.

S. 633. Absolute Vollständigkeit beansprucht natürlich die Aufzählung der hauptsächlichsten Sternwarten in unserem Texte nicht, um so mehr, als so zu sagen der Bestand derselben sich alljährlich ändern muß: so könnte z. B. gegenwärtig für Deutschland, Oesterreich, und insbesondere für Amerika der Name mancher für die Wissenschaft nicht unrühmlich thätigen Anstalt hinzugefügt werden.

Am Schlusse des letzten Bandes der populären Astronomie halte ich es für meine Schuldigkeit, ausdrücklich zu erklären, daß die den Werth der deutschen Ausgabe nicht wenig erhöhenden Anmerkungen mit wenigen Ausnahmen von Herrn Professor d'Arrest, Director der Sternwarte in Kopenhagen, herrühren. Dieselben geben nicht allein zahlreiche Erläuterungen, Berichtigungen und Ergänzungen, sondern enthalten auch werthvolle, oft weniger zugängliche literarische Nachweisungen. Für die große Mühe und Sorgfalt, welche eine solche Arbeit erfordert hat, erlaube ich mir meinem verehrten Freunde öffentlich meinen besten Dank auszusprechen.

Hankel.

Inhaltsverzeichniß

des vierzehnten Bandes.

Seite

Dreiundzwanzigstes Buch.

Allgemeine Anziehung 3

Erstes Kapitel. Vorwort 3

Zweites Kapitel. Gesetze der Anziehung, welche die Körper auf einander ausüben 4

Drittes Kapitel. Bestimmung der Sonnenmasse . . . 14

Viertes Kapitel. Störungen der Planetenbewegungen . . 16

Fünftes Kapitel. Störungen der Kometenbewegungen . . 22

Sechstes Kapitel. Vom Aether 24

Siebentes Kapitel. Massen der Planeten 28

Achtes Kapitel. Dichtigkeit der Erde 30

Neuntes Kapitel. Dichtigkeiten der Planeten 34

Zehntes Kapitel. Schwere auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten 36

Elftes Kapitel. Anschauliche Vergleichungen, um richtige Vorstellungen über die Größe des Firmamentes und der daran beobachteten Gestirne zu gewinnen 37

Zwölftes Kapitel. Von der Schwere auf der Oberfläche der Erde . 39

Dreizehntes Kapitel. Anziehung der Gebirge 58

Vierzehntes Kapitel. Metrisches System 60

Funfzehntes Kapitel. Ursache der Abplattung der Erde . . 65

Sechszehntes Kapitel. Ursache der hauptsächlichsten Störungen in der Bewegung des Mondes 66

Siebzehntes Kapitel. Störungen in der Bewegung des Mondes, herrührend von der Abplattung der Erde 69

Achtzehntes Kapitel. Die Sonnenparallaxe aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet 71

Seite

Neunzehntes Kapitel. Ueber die Seculargleichung der Mondbewegung 72
Zwanzigstes Kapitel. Ursache der Libration des Mondes . . 74
Einundzwanzigstes Kapitel. Ueber die Präcession der Aequinoctien und die Nutation der Erdaxe 76
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Unveränderliche Lage der Erdpole 83
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Unveränderlichkeit der Tagesdauer 84
Vierundzwanzigstes Kapitel. Von Ebbe und Flut . . . 87
Fünfundzwanzigstes Kapitel. Von den Erdbeben . . . 95
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Ueber Ebbe und Flut in der Atmosphäre 96
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Ueber die Fortpflanzung der Anziehungskraft 97

Vierundzwanzigstes Buch.

Mars 100
Erstes Kapitel. Aussehen des Planeten. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 100
Zweites Kapitel. Größe des Mars 103
Drittes Kapitel. Die Lichtgestalten des Mars 104
Viertes Kapitel. Unveränderliche Flecken auf dem Mars. — Seine Rotationsbewegung 105
Fünftes Kapitel. Abplattung des Mars 108
Sechstes Kapitel. Die Jahreszeiten auf dem Mars 109
Siebentes Kapitel. Farbe des Mars 112
Achtes Kapitel. Ueber die Atmosphäre des Mars 113

Fünfundzwanzigstes Buch.

Ueber die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter 117
Erstes Kapitel. Entdeckung der kleinen Planeten. — Titius' Gesetz . 117
Zweites Kapitel. Ceres 120
Drittes Kapitel. Pallas 121
Viertes Kapitel. Juno 122
Fünftes Kapitel. Vesta 123
Sechstes Kapitel. Asträa 124
Siebentes Kapitel. Hebe 124
Achtes Kapitel. Iris 125
Neuntes Kapitel. Flora 125
Zehntes Kapitel. Metis 126

Seite
Elftes Kapitel. Hygiea 127
Zwölftes Kapitel. Parthenope 127
Dreizehntes Kapitel. Victoria 128
Vierzehntes Kapitel. Egeria 129
Funfzehntes Kapitel. Irene 129
Sechszehntes Kapitel. Eunomia 130
Siebzehntes Kapitel. Psyche 130
Achtzehntes Kapitel. Thetis 131
Neunzehntes Kapitel. Melpomene 131
Zwanzigstes Kapitel. Fortuna 132
Einundzwanzigstes Kapitel. Massalia 132
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Lutetia 133
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Calliope 133
Vierundzwanzigstes Kapitel. Thalia 134
Fünfuudzwanzigstes Kapitel. Phocea 134
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Themis 135
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Proserpina 135
Achtundzwanzigstes Kapitel. Euterpe 136
Neunundzwanzigstes Kapitel Bellona 136
Dreißigstes Kapitel. Amphitrite 137
Einunddreißigstes Kapitel. Urania 137
Zweiunddreißigstes Kapitel. Euphrosyne 138
Dreiunddreißigstes Kapitel. Pomona 138
Vierunddreißigstes Kapitel. Polyhymnia 139
Fünfunddreißigstes Kapitel. Circe 139
Sechsuuddreißigstes Kapitel. Leucothea 140
Siebenunddreißigstes Kapitel. Atalante 140
Achtunddreißigstes Kapitel. Fides 141
Neununddreißigstes Kapitel. Leda 141
Vierzigstes Kapitel. Lätitia 142
Einundvierzigstes Kapitel. Harmonia 142
Zweiundvierzigstes Kapitel. Daphne 143
Dreiundvierzigstes Kapitel. Isis 143
Vierundvierzigstes Kapitel. Ariadne 144
Fünfundvierzigstes Kapitel. Nysa 144
Sechsundvierzigstes Kapitel. Eugenia 145
Siebenundvierzigstes Kapitel. Hestia 145
Achtundvierzigstes Kapitel. Aglaja 145
Neunundvierzigstes Kapitel. Doris 146
Funfzigstes Kapitel. Pales 146
Einundfunfzigstes Kapitel. Virginia 147

Seite

Zweiundfunfzigstes Kapitel. Vermuthungen über den Ursprung der kleinen Planeten 147

Sechsundzwanzigstes Buch.

Kosmische Meteore 153
Erstes Kapitel. Vorwort 153
Zweites Kapitel. Meteorsteine 154
§. 1. Chemische Zusammensetzung der Meteorsteine 154
§. 2. Niederfälle von Meteorsteinen vor dem Anfange unserer Zeitrechnung 155
§. 3. Meteorsteine, bei denen die Zeit des Falles sich nicht bestimmen läßt 156
§. 4. Niederfälle von Meteorsteinen nach dem Anfange unserer Zeitrechnung 156
§. 5. Gediegeneisenmassen, die als meteorisch angesehen werden können 172
§. 6. Herabfallen von staubartigen Massen 174
Drittes Kapitel. Ueber den Ursprung der Aerolithen 180
Viertes Kapitel. Durch Aerolithen veranlaßte Unfälle 186
Fünftes Kapitel. Feuerkugeln 190
Sechstes Kapitel. Sternschnuppen 231
Siebentes Kapitel. Historische Notizen über die Erklärung der kosmischen Meteore 256

Siebenundzwanzigstes Buch.

Jupiter 263
Erstes Kapitel. Aussehen des Jupiter. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 263
Zweites Kapitel. Größe des Jupiter 265
Drittes Kapitel. Flecken des Jupiter. — Seine Rotationsbewegung 267
Viertes Kapitel. Gestalt des Jupiter 270
Fünftes Kapitel. Die Streifen des Jupiter. — Seine Atmosphäre 271
Sechstes Kapitel. Lichtstärke des Jupiter 279
Siebentes Kapitel. Vergleichung der Lichtintensitäten in den Polar- und Aequatorealgegenden des Jupiter 281
Achtes Kapitel. Monde des Jupiter. — Ihre scheinbaren Bewegungen um diesen Planeten 282
Neuntes Kapitel. Geschichtliche Bemerkungen über die Entdeckung der Monde 284

Seite
Zehntes Kapitel. Masse des Jupiter 288
Elftes Kapitel. Größe der Jupitersmonde 289
Zwölftes Kapitel. Eigene Bewegungen der Jupitersmonde . . 292
Dreizehntes Kapitel. Bestimmung der Längen auf der Erde durch Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitersmonde 295
Vierzehntes Kapitel. Können die Jupitersmonde mit bloßen Augen gesehen werden? 298
Funfzehntes Kapitel. Vorübergang der Schatten über die Scheibe des Planeten. — Flecken der Monde. — Rotation dieser Gestirne . 301
Sechszehntes Kapitel. Veränderlichkeit der scheinbaren Größen der Monde und Folgerungen daraus 305
Siebzehntes Kapitel. Farben der Monde 307
Achtzehntes Kapitel. Vorübergänge der Monde vor der Scheibe des Jupiter 308

Achtundzwanzigstes Buch.

Geschwindigkeit und Aberration des Lichtes 310
Erstes Kapitel. Vorwort 310
Zweites Kapitel. Bemerkungen über die Erscheinungen, welche die Verfinsterungen der Jupitersmonde darbieten 311
Drittes Kapitel. Einfluß der Geschwindigkeit des Lichtes auf die beobachteten Werthe der synodischen Umlaufszeiten der Jupitersmonde . 316
Viertes Kapitel. Populäres Beispiel zur Verdeutlichung der Betrachtungen, welche von der Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes geführt haben 318
Fünftes Kapitel. Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde 321
Sechstes Kapitel. Geschichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 323
Siebentes Kapitel. Aberration der Firsterne 324
Achtes Kapitel. Theorie der Aberration 326
Neuntes Kapitel. Geschichtliches über die Entdeckung der Aberration 331
Zehntes Kapitel. Gleichheit der Geschwindigkeit des von verschiedenen Körpern ausgehenden Lichtes 333
Elftes Kapitel. Aberration der Planeten 334
Zwölftes Kapitel. Das Aberrationsphänomen als ein Mittel betrachtet, um den Abstand der Erde von der Sonne zu bestimmen . . 335
Dreizehntes Kapitel. Messung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen in geringen Abständen auf der Erde 337

Seite
Vierzehntes Kapitel. Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtung der Phasen des Algol 343

Neunundzwanzigstes Buch.

Saturn 347
Erstes Kapitel. Aussehen des Saturn. — Seine Bewegung um die Sonne 347
Zweites Kapitel. Von der Größe des Saturn 350
Drittes Kapitel. Vom Ringe des Saturn 351
Viertes Kapitel. Historisches über die Entdeckung des Saturnringes 356
Fünftes Kapitel. Streifen des Saturn. — Atmosphäre desselben . 366
Sechstes Kapitel. Von der Rotation, der Gestalt und Abplattung des Saturn 368
Siebentes Kapitel. Von den Satelliten des Saturn 371
Achtes Kapitel. Historisches über die Entdeckung der Saturntrabanten 372
Neuntes Kapitel. Von der Rotation des Saturnringes . . . 375
Zehntes Kapitel. Hat der Ring des Saturn durch den Schweif eines Kometen entstehen können, der in seinem Laufe dem Planeten etwa sehr nahe gekommen ist? 380

Dreißigstes Buch.

Uranus 385
Erstes Kapitel. Aussehen des Uranus. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 385
Zweites Kapitel. Geschichte der Entdeckung des Uranus . . . 386
Drittes Kapitel. Aeltere Beobachtungen des Uranus 393
Viertes Kapitel. Größe des Uranus. — Seine Gestalt. — Seine Umdrehung 395
Fünftes Kapitel. Monde des Uranus 398

Einunddreißigstes Buch.

Neptun 408
Erstes Kapitel. Aussehen des Neptun. — Seine Bewegung in Bezug auf die Sonne 408
Zweites Kapitel. Von der Größe des Neptun 409
Drittes Kapitel. Geschichte der Entdeckung des Neptun . . 410

Seite
Viertes Kapitel. Aeltere Beobachtungen des Neptun 421
Fünftes Kapitel. Monde des Neptun 423

Zweiunddreißigstes Buch.

Jahreszeiten und Klimate 424
Erstes Kapitel. Vorwort 424
Zweites Kapitel. Thermometer. — Temperaturen 425
Drittes Kapitel. Mittheilung der Wärme durch Berührung . . 427
Viertes Kapitel. Mittheilung der Wärme durch Strahlung. — Bewegliches Temperaturgleichgewicht 428
Fünftes Kapitel. Strahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper 430
Sechstes Kapitel. Auf welche Weise erkalten die Körper durch Strahlung ihrer Wärme gegen die Regionen des Raumes? 430
Siebentes Kapitel. Erwärmung der Körper durch die Strahlen der Sonne. — Zusammensetzung dieser Strahlen. — Chemische Wirkung. — Reflectirte, absorbirte, durchgelassene Strahlen 435
Achtes Kapitel. Eigenschaften der Wärme, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemengt ist. — Diathermane Substanzen 439
Neuntes Kapitel. Wärmecapacität des Wassers. — Specifische Wärme, freie und latente Wärme des Eises, des flüssigen Wassers und des Wasserdampfes. — Kälte, welche stets die Verdampfung begleitet 441
Zehntes Kapitel. Erwärmung der Luft 444
Elftes Kapitel. Mittlere Temperaturen 446
Zwölftes Kapitel. Erklärung der Jahreszeiten 448
Dreizehntes Kapitel. Ueber die periodischen Temperaturerniedrigungen im Februar und Mai 456
Vierzehntes Kapitel. Constanter Werth der mittleren Temperatur für alle Punkte eines bestimmten Horizontes des Festlandes. — Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen in Städten und auf freiem Felde . 458
Funfzehntes Kapitel. Mittlere Temperaturen des Meeres in den verschiedenen Breiten 459
Sechszehntes Kapitel. Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen der nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte. — Die Sonne sendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche Wärmemengen zu 461
Siebzehntes Kapitel. Erklärung des Unterschiedes in den mittleren Temperaturen zweier nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte 463
Achtzehntes Kapitel. Erklärung der Temperaturunterschiede zwischen

Seite

den Ost- und Westküsten der beiden Continente. — Strenges Klima des nördlichen Amerikas 464

Neunzehntes Kapitel. Winde. — Land- und Seewinde. — Moussons. — Passatwinde. — Entstehung der Winde durch Druck oder Saugen. — Hermattan, Samum, Chamsin. — Geschwindigkeit der verschiedenen Winde. — Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der Winde 468

Zwanzigstes Kapitel. Wirkungen der Meeresströmungen und Meere auf die Klimate 480

Einundzwanzigstes Kapitel. Klimate. — Dauer der Tage und Nächte an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten. — Zonen auf der Erdoberfläche 483

Zweiundzwanzigstes Kapitel. Isothermen. — Nothwendigkeit, beim Entwerfen dieser Linien auf die Höhe der Beobachtungsstationen Rücksicht zu nehmen. — Schneegrenze 487

Dreiundzwanzigstes Kapitel. Können die Arbeiten der Menschen das Klima eines gegebenen Ortes abändern? 496

Vierundzwanzigstes Kapitel. Sind die Klimate durch neuere Erdrevolutionen umgekehrt worden? 497

Fünfundzwanzigstes Kapitel. Können die Kometen merklich den Gang der Jahreszeiten abändern? 501

Sechsundzwanzigstes Kapitel. Numerische Angaben in Bezug auf die Klimate 515

Dreiunddreißigstes Buch.

Vom Kalender 520

Erstes Kapitel. Vorwort 520

Zweites Kapitel. Definitionen 521

Drittes Kapitel. Die Woche 522

Viertes Kapitel. Die Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen 526

Fünftes Kapitel. Welches ist der erste Tag der Woche? 528

Sechstes Kapitel. Die Monate 529

Siebentes Kapitel. Die Monate der Aegypter 530

Achtes Kapitel. Die Monate der Griechen 531

Neuntes Kapitel. Die römischen Monate 532

Zehntes Kapitel. Die Monate im republikanischen Kalender . . 536

Elftes Kapitel. Von den verschiedenen Sonnenjahren 537

Zwölftes Kapitel. Das ägyptische Jahr. — Das bewegliche Jahr. — Die Sothisperiode 538

Seite

Dreizehntes Kapitel. Das griechische Jahr. — Die Cyclen des Meton und des Kalippos 541
Vierzehntes Kapitel. Das römische Jahr 543
Funfzehntes Kapitel. Die julianische Kalenderverbesserung . . 543
Sechszehntes Kapitel. Das Jahr der Israeliten . . . 546
Siebzehntes Kapitel. Das Jahr der Mohammedaner . . 547
Achtzehntes Kapitel. Das Jahr der Chinesen 548
Neunzehntes Kapitel. Das Jahr der Perser im 11. Jahrhundert 550
Zwanzigstes Kapitel. Die gregorianische Kalenderreform. — Das christliche Jahr alten und neuen Stils. — Einführungszeit des verbesserten Kalenders bei den verschiedenen Völkern. — Unterschied zwischen den Daten des julianischen und gregorianischen Jahres. — Zeitrechnung der Russen 551
Einundzwanzigstes Kapitel. Vom Anfang des Jahres . . 556
Zweiundzwanzigstes Kapitel. Vom Jahresanfang im republikanischen Kalender 559
Dreiundzwanzigstes Kapitel. Von den Olympiaden und Lustren 560
Vierundzwanzigstes Kapitel. Von den Indictionen (Römerzinszahl) 560
Fünfundzwanzigstes Kapitel. Das Säculum 561
Sechsundzwanzigstes Kapitel. Von den Aeren 562
Siebenundzwanzigstes Kapitel. Von der Weltaera . . . 562
Achtundzwanzigstes Kapitel. Von der olympischen Aera . . 563
Neunundzwanzigstes Kapitel. Die Aera von der Gründung Roms 564
Dreißigstes Kapitel. Von der Aera des Nabonassar . . . 564
Einunddreißigstes Kapitel. Von der christlichen Aera . . 565
Zweiunddreißigstes Kapitel. Von der mohammedanischen Zeitrechnung oder der Aera der Hedschra 566
Dreiunddreißigstes Kapitel. Von der Aera des republikanischen Kalenders 566
Vierunddreißigstes Kapitel. Von den beweglichen Festen der christlichen Kirche. — Bestimmung des Osterfestes 566
Fünfunddreißigstes Kapitel. Von der Anwendung der güldenen Zahl zur Bestimmung des Datums der kirchlichen Feste 569
Sechsunddreißigstes Kapitel. Die Epacten (Mondzeiger). — Die kirchliche Festrechnung 570
Siebenunddreißigstes Kapitel. Die Sonntagsbuchstaben. — Der immerwährende Kalender 573
Achtunddreißigstes Kapitel. Berechnung der Sonntagsbuchstaben. — Sonnencyclus 578

Seite
Neunundbreißigstes Kapitel. Von den Festen der Mohammedaner 579
Vierzigstes Kapitel. Die Feste der Juden 580
Einundvierzigstes Kapitel. Wird in Zukunft eine Zeit kommen, wo die Tage sämmtlich gleiche Länge haben und das ganze Jahr hindurch dieselbe Temperatur herrscht? 581
Zweiundvierzigstes Kapitel. Ist es denkbar, daß in vorhistorischer Zeit das Jahr aus einer runden Anzahl von Tagen, ohne Bruchtheile, bestanden habe? 584
Dreiundvierzigstes Kapitel. Ueber das große Jahr . . . 586
Vierundvierzigstes Kapitel. Von der verschiedenen Art, wie die Chronologen und Astronomen die Jahre vor der christlichen Zeichrechnung zählen 589
Fünfundvierzigstes Kapitel. Mit welchem Tage schließt das achtzehnte Jahrhundert und wann beginnt das neunzehnte? . . . 590
Sechsundvierzigstes Kapitel. Wie merkt man sich leicht die Monate von 30 und 31 Tagen? 591
Siebenundvierzigstes Kapitel. Von der sogenannten julianischen Periode 591
Achtundvierzigstes Kapitel. Vom Almanach und vom Kalender . 594
Neunundvierzigstes Kapitel. Ephemeriden und Jahrbücher (Annuaires) 598
Funfzigstes Kapitel. Ueber die Messung der Zeit durch die Bewegung der Sonne. — Aufstellung der Gnomonen und Sonnenuhren. — Bestimmung der Lage eines Ortes. — Gebrauch der Ephemeriden. — Der Octant. — Der Sextant. — Der Reflexionskreis. — Depression des Horizontes. — Nautische Astronomie 600

Vierunddreißigstes Buch.

Uranographiche Miscellen 615
Erstes Kapitel. Einleitung 615
Zweites Kapitel. Die Astronomie für einen im Mittelpunkte und auf der Oberfläche der Sonne befindlichen Beobachter 616
Drittes Kapitel. Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Merkur 618
Viertes Kapitel. Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Jupiter 620
Fünftes Kapitel. Die Astronomie für einen Beobachter auf dem Saturn 623
Sechstes Kapitel. Wie zeigen sich die astronomischen Erscheinungen einem auf dem Monde befindlichen Beschauer? 624

Seite

Siebentes Kapitel. Von der Astrologie 628

Achtes Kapitel. Von den Sternwarten. — Von den astronomischen Beobachtungen und den Umständen, welche sie begünstigen . . . 631

Neuntes Kapitel. Chronologische Uebersicht der vorzüglichsten astronomischen Entdeckungen 638

Anmerkungen zum dreiundzwanzigsten Buche 642
Anmerkungen zum vierundzwanzigsten Buche 643
Anmerkungen zum fünfundzwanzigsten Buche 644
Anmerkungen zum sechsundzwanzigsten Buche 645
Anmerkungen zum siebenundzwanzigsten Buche 646
Anmerkungen zum achtundzwanzigsten Buche 648
Anmerkungen zum neunundzwanzigsten Buche 649
Anmerkungen zum dreißigsten Buche 651
Anmerkungen zum einunddreißigsten Buche 652
Anmerkungen zum zweiunddreißigsten Buche 654
Anmerkungen zum dreiunddreißigsten Buche 656
Anmerkungen zum vierunddreißigsten Buche 660

Verzeichniß der Figuren

des vierzehnten Bandes.

Figur		Seite
305.	— Anziehung der Erde auf den Mond	8
306.	— Verticaler Durchschnitt von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde	31
307.	— Grundriß von Cavendish's Apparat zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde	32
308.	— Platinkugel des von Borda und von Arago und Biot angewandten Pendels	42
309.	— Aufhängeschneide an dem Pendel von Arago und Biot	42
310.	— Platte zur Aufhängung des Pendels	43
311.	— Aufstellung des von Arago und Biot angewandten Pendels	43
312.	— Träger des Pendels von Arago und Biot	44
313.	— Ebene Metallscheibe zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels	46
314.	— Aufhängeschneide des Maaßstabes zur Messung der Länge des von Arago und Biot angewandten Pendels	46
315.	— Mechanismus des Comparateurs von Fortin	48
316.	— Ansicht des auf den Fortin'schen Comparateur gelegten Maaßstabes	48
317.	— Ansicht des Borda'schen Pendels	50
318.	— Oberer und unterer Theil des Borda'schen Pendels	51
319.	— Ebene zur Aufhängung der Schneide beim Borda'schen Pendel	52
320.	— Borda's Maaßstab zur Messung der Pendellänge	53
321.	— Präcession der Aequinoctien	80
322.	— Nutation der Erdaxe	81
323.	— Scheinbare Größen der Scheibe des Mars in der größten, kleinsten und mittleren Entfernung von der Erde	103
324.	— Südliche Halbkugel des Mars	106
325.	— Nördliche Halbkugel des Mars	107

Figur Seite

326. — Meteorstein von Santa-Rosa. reducirt auf 1/10 seiner Höhe . . 188
327. — Feuerkugeln in Paris von 1841 bis 1853 von Coulvier Gravier beobachtet 224
328. — Kreisförmige Darstellung der Zahlen von beobachteten Feuermeteoren in Gruppen von fünf Tagen zwischen den Jahren 960—1275 235
329. — Scheinbare Größen der Scheibe des Jupiter in den extremen und mittleren Abständen von der Erde 266
330. — Dunkle Hauptstreifen des Jupiter nach Arago's Messungen . . 278
331. — Erklärung der Sichtbarkeit des Ein- und Austrittes der Jupitersmonde aus dem Schattenkegel 311
332. — Wirkliche relative Bewegungen der Erde und des Jupiter . . 313
333. — Beziehung zwischen der siderischen und synodischen Umlaufszeit des Jupiter 315
334. = Aenderungen in den mittleren Abständen der Erde vom Jupiter zu den verschiedenen Zeiten 317
335. — Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde 322
336. — Erklärung der Aberration im Falle zweier aufeinander senkrechten Bewegungen 326
337. — Erklärung der Aberration im Falle schief gegen einander gerichteter Bewegungen 326
338. — Einfluß der Verbindung der Geschwindigkeit des Lichtes mit der Geschwindigkeit der Erde auf den scheinbaren Ort der Firsterne . 329
339. — Fizeau's Apparat zur Messung der Geschwindigkeit des Lichtes bei kleinen Entfernungen auf der Erde 336
340. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades beim Stillstehen des letztern in Fizeau's Apparate 339
341. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während der Umdrehung des letztern vor dem ersten Verschwinden des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate 340
342. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades während des ersten Verschwindens des leuchtenden Punktes in Fizeau's Apparate 341
343. — Durchschnitt des Fernrohrs und des gezähnten Rades in Fizeau's Apparate bei doppelter Geschwindigteit von derjenigen, welche das erste Verschwinden erzeugte 342
344. — Scheinbare Größe der Saturnscheibe je nach der verschiedenen Entfernung des Planeten von der Erde 351
345. — Perspectivische Ansicht des Saturn und seines Ringes . . 352
346. — Ansicht des Saturn und seines doppelten Ringes für einen in der Verlängerung der Are des Planeten befindlichen Beobachter . 352

Figur Seite
347. — Scheinbare Größe der Scheibe des Uranus in der mittleren Entfernung des Planeten von der Erde 396
348. — Scheinbare Größe der Scheibe des Neptun bei mittlerem Abstande des Planeten von der Erde 409
349. — Isothermen der alten Welt nach Arago 488
350. — Isothermen der neuen Welt nach Arago 489
351. — Isothermen der nördlichen Halbkugel in stereographischer Projection 490
352. — Isothermen der südlichen Halbkugel in stereographischer Projection . 491
353. — Erklärung der Rangordnung der Wochentage nach den Astrologen . 526
354. — Armille 601
355. — Gnomon 602
356. — Gnomon mit durchbohrter Scheibe 603
357. — Princip der Reflexionsinstrumente 608
358. — Der Octant 609
359. — Der Sextant 610
360. — Reflexionskreis 611

Register zur populären Astronomie.

(I., II., III., IV. bedeutet den I., II., III., IV. Band der populären Astronomie oder den XI., XII., XIII., XIV. der gesammten Werke.)

Abendstern II. 451.
Aberration des Lichtes IV. 310, Theorie IV. 326, A. der Fixsterne IV. 324, Geschichtliches IV. 331, 640, A. der Planeten IV. 334, Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde durch die A. IV. 335.
Abplattung der Erde III. 254, Ursache der A. IV. 65, Geschichtliches IV. 640.
Absorptionsvermögen der Körper IV. 430.
Abweichung I. 234, 259.
Acharnar I. 269, 304.
Achromatisch I. 94
Ackaïd I. 289.
Adler, Sternbild, I. 272, 278, α s. Atair, β I. 313, γ I. 313, η I. 335, 336.
Aequator der Erde I. 241, des Himmels I. 199.
Aequatoreal II. 37.
Aequatorhöhe I. 206.
Aequinoctien s. Nachtgleichenpuncte.
Aera IV. 562, die christliche IV. 565, Weltaera IV. 562, A. der Hedschra IV. 566, des Nabonassar IV. 564, olympische IV. 563, des republikanischen Kalenders IV. 566, von der Gründung Roms IV. 564.
Aerolithen s. Meteorsteine.
Aether IV. 24, obere Grenze der Dichtigkeit des A. I. 351, 352.
Aglaja IV. 145.
Akasch I. 449.
Alcyone I. 429.
Aldebaran I. 268, 291, 292, 304, 313, 398, II. 22.
Alexandra, Asteroïd IV. 645.
Algenib I. 269, 290.
Algol I. 290, 334, 336, 344, IV. 343.
Alioth I. 289.
Alkor I. 289, 330.
Almanach IV. 521, 594.
Altair s. Atair.
Altar, Sternbild, I. 272, 279.
Alula I. 289.
Amphitrite IV. 137, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Andromeda, Sternbild, I. 272, 278, 290; α I. 290, 309, 314, 392; γ I. 290, 394; ζ I. 329; Nebelfleck I. 434.
Anhöhe III. 49.
Anomalistischer Umlauf III. 322.
Antares I. 268, 292, 304, 398.
Antarktischer Pol s. v. a. Südpol.
Antinous, Sternbild, I. 273, 278, 280; η s. η im Adler.
Anziehung, allgemeine IV. 3; Gesetze der A. IV. 4, Fortpflanzung der A. IV. 97, A. der Gebirge IV. 58, Allgemeinheit der A. I. 408, Geschichtliches IV. 11, 640.
Aphel II. 204, 227, 237.
Apogäum der Sonne I. 235, 237, A. des Mondes III. 297.
Aprilmond, der rauhe III. 298.
Apsiden II. 227, III. 297.
Argo, Sternbild, s. Schiff.
Ariadne IV. 144.
Arktischer Pol I. 198.
Arktur I. 268, 291, 293, 304, 309,

313—316, 373, 398, II. 22, 23, 36.
Armille IV. 601.
Asterismen I. 267.
Asteroiden II. 47, IV. 117; Name IV. 119, Entdeckung der A. IV. 117, 645, Ursprung IV. 147.
Asterope I. 429.
Asträa IV. 124, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Astrologie I. 361, IV. 628.
Atair I. 269, 304, 313; II. 25.
Atalante IV. 140.
Atlas, Stern in den Plejaden, I. 429.
Atmosphäre der Erde III. 134, Höhe der A. III. 148, Ebbe und Flut der A. III. 422, IV. 96, Rolle der A. bei den Mondfinsternissen III. 453, A. der Firsterne I. 464
Attraction s. Anziehung.
Aufgangspunct I. 185.
Auge I. 96.
Ausweichung s. Digression.
Axen der Ellipse I. 31.
Azimutalkreis III. 205.
Azimutalwinkel I. 185, 196.
Barometer III. 135, IV. 639; B. zu Höhenmessungen benutzt III. 138.
Bär, der große, Sternbild, I. 271, 278, 284, 288, 293, 302, α s. Dubhe, β s. Merak, γ s. Phegda, δ s. Megrez, ε s. Alioth, ζ s. Mizar, η s. Benetnasch, λ und μ s. Tania, ι s. Talita, ν und ξ s. Alula, ξ I. 395, 406, 426, g s. Alkor. — Der kleine B., Sternbild, I. 271, 278, 284, 290, 302; α s. Polarstern.
Becher, Sternbild, I. 272, 279.
Bedeckungen III. 429, B. der Planeten und Firsterne III. 442, Eintritt und Austritt III. 443, Nutzen für die Chronologie III. 444, Bestimmung der Durchmesser der Sterne mittelst der B. III. 445.
Begleiter der Firsterne (der mehrfachen Sterne) I. 392, 422.
Beharrungsvermögen I. 35.
Bellatrix I. 268, 313.
Bellona IV. 136, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Benetnasch I. 289.
Beobachtungen, astronomische, IV. 631.
B. der Sterne und Planeten am hellen Tage IV. 639.
Berenice, Haar der, — Sternbild — I. 273, 278.
Berg III. 49, Höhen der Berge III. 158. 166.
Betelgeuze I. 268, 304, 313, 314, 337.
Bewegung I. 35, B. eines Körpers um einen Mittelpunkt II. 222.
Biene, Sternbild, I. 273.
Bildhauerwerkstatt, Sternbild, I. 274, 280.
Bootes, Sternbild, I. 271, 278, 284, 291, 294, 302; α s. Arktur, δ I. 395, ε I. 395, μ I 392.
Boussole, Sternbild, I. 275, 279.
Brechung des Lichtes s. Licht.
Breite, astronomische, I. 269, 263; geographische B. I. 205, III. 57; Bestimmung der geodätischen B. III. 196, IV. 612.
Breitenkreise III. 58.
Brenngläser s. Linsen.
Brennpunkt der Ellipse und Parabel I. 31, B. des Hohlspiegels I. 67, B. einer Linse I. 80, B. des Objectivs I. 418.
Brennpunktsebene I. 84.
Brennweite I. 103.
Brillen I. 98, Erfindung der B. I. 143, IV. 638.
Buchdruckerwerkstatt, Sternbild, I. 276, 279.
Calliope IV. 133, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Calypso, Asteroïd IV. 645.
Canopus I. 269, 304.
Capella I. 268, 291, 304, 310, 313, 373, II. 22, 23.
Capwolken I. 468.
Cassiopeja, Sternbild, I. 272, 278, 290; α I. 326, 337; β I. 324, 326; δ I. 309; η I. 396; μ II. 22, 36; ψ I. 407.
Castor I. 269, 291, 395, 406.
Celeno I. 429.
Centaur, Sternbild, I. 272, 279; α I. 304, 373, 406, 411, II. 22, 23; β I. 304.
Cepheus, Sternbild, I. 271, 278; δ I. 335, 336; $\varkappa$ I. 396.

Cerberus, Constellation von Sternen, I. 274, 278.
Ceres IV. 120, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Chamäleon, Sternbild, I. 273. 279.
Chamsin IV. 478.
Chromatische Abweichung I. 93.
Chronometer I. 227, III. 225.
Circe IV. 139
Collimationsfehler IV. 611.
Compensationspendel IV, 639.
Complementäre Farben II. 91.
Conjunction II. 191, IV. 100, 263, 348; des Mondes III. 294; obere und untere C. II. 432, 449, IV. 100.
Corona (bei Sonnenfinsternissen) III. 470.
Correspondirende Höhen I. 196.
Culminiren II. 62, I. 226.
Cyclen des Meton und Kalippos IV. 542.
Cycloide I. 53.
Cycloidenpendel I. 54.
Cynosura I. 271.
Dämmerung III. 144.
Daphne IV. 143.
Declination I. 234, 259, 263.
Delphin, Sternbild, I. 272, 278; γ I. 396.
Deneb I. 269.
Denebola I. 268, 291, 313, 327.
Depression des Bodens in Asien III. 187, D. des Horizontes IV. 613.
Diathermane Substanzen IV. 439.
Diffuse selbstleuchtende Materie I. 442, II. 15; diffuse nicht leuchtende Materie I. 465; Verdichtung der d. Materie zu Sternen I. 450.
Digression II. 191, 192.
Dione IV. 375.
Diopter I. 187.
Directe Bewegung II. 189, 240, IV. 101.
Dispersion des Lichtes I. 91.
Doppelbrechung des Lichtes s. Licht.
Doppelsterne I. 390, Lichtstärke und Farben der D. I. 394, Ursache der Farbenverschiedenheit der D. I. 396, 399, relative Ortsveränderung der D. I. 403, Bewegung der D. I. 408, Masse der D. I. 409, Entfernung d D. I. 411, D. Gegenstand eifriger Beobachtung I. 402, Bestimmung der Güte der Fernröhre durch D. I. 418, IV. 405, Zusammenhang zwischen Nebelflecken und D. I. 467, Geschichtliches I. 422.
Dorade, Sternbild, I. 273.
Doris IV. 146.
Drache, Sternbild, I. 271, 278; α I. 326, 327, γ I. 326, μ I. 395, ν I. 395, o I. 395.
Dreieck, das nördliche große — Sternbild — I. 272, 278; α und β I. 326; das nördliche kleine D. I. 274; das südliche D. I. 273, 279.
Dubhe I. 289.
Durchgänge s. Merkur und Venus.
Ebbe IV. 87, E. der Atmosphäre III. 422, IV. 96.
Echappement, freies I. 57, IV. 639.
Egeria IV. 129, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Eiche Carls II., Sternbild, I. 274, 279.
Eidechse, Sternbild, I. 273, 278.
Einfallswinkel I. 65.
Einhorn, Sternbild, I. 273, 278, 280; Nr. 11: I. 392.
Einsiedler, Sternbild, I. 275, 279.
Ekliptik I. 223, 238; Ebene der E. I. 223, Schiefe der E. I. 223, Aenderung der Schiefe der E. I. 223, IV. 583.
Electra I. 429.
Electrisirmaschine, Sternbild, I. 276, 280.
Elemente der Bahn eines Planeten II. 227, Secularänderungen dieser E. II. 232, parabolische E. der Bahn eines Kometen II. 240.
Ellipse I. 29, II. 200.
Ellipsoid III. 265.
Elongation s. Digression.
Enceladus IV. 375.
Entdeckungen, chronologische Uebersicht der astronomischen, IV. 638.
Epacten IV. 570.
Ephemeriden IV. 598, Gebrauch der E. IV. 606.
Epicyklen II. 214.
Erde, numerische Angaben III. 4, Bewegung um die Sonne II. 201, 203, Geschichtliches II. 218, Aenderung dieser Bewegung III. 269, Umlaufszeit II. 201, 207, Entfernung von

der Sonne III. 277, 281, II. 201, IV. 118, Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne mittelst der Venusdurchgänge III. 272, mittelst des Aberrationsphänomens IV. 335, Freischweben der E. im Raume III. 15, Bestimmung der Größe und Gestalt III. 5, IV. 34, Masse IV. 29, Dichtigkeit IV. 30, Schwere auf der Oberfläche IV. 39, Volumen und Gewicht der E. IV. 35, Rotation III. 17, materielle Beweise für die Rotation III. 28, Geschichtliches über die Rotation III. 21, Aenderung der Umdrehungszeit III. 267, Wirkungen einer Verrückung der Umdrehungsaxe III. 265, unveränderliche Lage der Erdpole IV. 83, Abplattung s. d., Oberfläche s. Erdoberfläche, das Innere der E. III. 191, Zusammenstoß mit einem Kometen II. 386, III. 281, die E. als Mond eines Kometen II. 411, die E. vom Monde aus gesehen III. 373.
Erdbeben IV. 95.
Erdferne I 237.
Erdnähe I. 237.
Erdoberfläche III. 47, die geographischen Coordinaten der wichtigsten Punkte der E. III. 228, von Frankreich III. 230, Großbrittanien 233, Holland, Belgien, Dänemark, Schweden, Norwegen 234, Rußland, Deutschland 235, Ungarn, Dalmatien, Türkei, Griechenland 236, Italien, Schweiz 237, Spanien, Portugal, Asien 238, Australien, Afrika 239, Amerika 240; Wirkung der Wasserströme auf die Bildung der E. III. 81.
Eridanus, Sternbild, I. 272, 278, 279; α s. Acharnar; δ II. 22.
Erntehüter, Sternbild, I. 275, 278.
Erntemonat III. 423.
Esel (die Sterne γ und δ im Krebs) I. 276, 279, 430.
Eugenia IV. 145.
Eunomia IV. 130, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Euphrosyne IV. 138, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Europa, Asteroïd IV. 645.
Euterpe IV. 136, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Evection III. 299, IV. 68.
Excentricität I. 31, 406, II. 228; Aenderungen der E II. 232.
Fadenmikrometer s. Mikrometer.
Fall IV. 57.
Farbenspectrum I. 155, 350.
Fernrohr I. 86, Abweichung wegen der Kugelgestalt des Objectivs, I. 89, chromatische Abweichung I. 91, achromatisches Objectiv I. 95, Vergrößerung I. 102, II. 66, Methode die Vergrößerung zu bestimmen I. 105, 130 (Anmerk. 7), Bestimmung der Güte großer F. I. 418, IV. 405, schwach vergrößernde F. scheinen nicht zu vergrößern I. 108, Gesichtsfeld I. 110, II. 252, astronomisches F. I. 87, 93, II. 41, IV 638, achromatisches F. I. 155, IV. 639, F mit parallatischer Aufstellung II. 36, F. mit Polariskop II. 91, IV. 639, Wirkung der F. auf die Sichtbarkeit der Sterne I. 163, ob das F. den Alten bekannt war I. 146, Geschichtliches I. 148. — F., Sternbild, I. 275, 279.
Feste, die beweglichen, der christlichen Kirche IV. 566, F. der Juden IV. 580, der Mohammedaner IV. 579.
Festrechnung, die kirchliche, IV. 570.
Feuerkugeln IV. 153, 190; Größe und Entfernung der F. IV. 226.
Fides IV. 141.
Finsternisse III. 429, Eintritt und Austritt III. 443, Berechnung der F. III. 437, Berechnung der F. bei den Alten III. 450, Periode von Saros III. 452, Nutzen für die Chronologie III. 144, Geschichtliches III. 450; s. Sonnen- und Mondfinsternisse.
Firmament, Größe des, IV. 37.
Fisch, fliegender — Sternbild — I. 272, 279, 280.
Fisch, der südliche — Sternbild — I. 273, 279; α s. Fomalhaut.
Fische, Sternbild, I. 271, 278, 280, 295.
Fixsterne I. 163, Name, I. 190, II. 21, Entfernung der F. I. 190, 374, Bestimmung der Entfernung I. 366,

411; Parallaxe der F. I. 366; Größenklassen der F. I. 283; eignes Licht der F. I. 381, 460; Atmosphären der F. I. 464; Rotation der F. I. 363, eigne Bewegung der F. II. 21—35; Beschaffenheit der leuchtenden Oberfläche der F. II. 145; ob sich Kometen auf F. gestürzt haben II. 395; s. Sterne.
Flächen I. 3, Arten der F. I. 3.
Fliege, Sternbild, I. 273, 274, 278.
Flora IV. 125, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Flut IV. 87, F. der Atmosphäre III. 422, IV. 96.
Fomalhaut I. 268, 292, 305.
Fortuna IV. 132, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Foucault's Pendelbeweis für die Rotation der Erde III. 36.
Friedrichsehre, Sternbild, I. 276, 278.
Frühling IV. 454.
Frühlingsäquinoctium (Frühlingsnachtgleichenpunkt) I. 224, 292.
Fuchs mit der Gans, Sternbild, I. 273, 278.
Fuhrmann, Sternbild, I. 272, 278, 291, α s. Capella, β I. 310, ε I. 337, ι I. 310, ω I. 394.
Funkeln der Sterne I. 181.
Gebirge der Erde III. 158, 166; Alter der G. III. 60; Anziehung der G. IV. 58.
Gegenschein s. Opposition.
Gemma I. 269.
Geocentrischer Ort II. 196.
Geographische Lage der wichtigsten Punkte der Erdoberfläche s. Erdoberfläche; Bestimmung der geogr. Lage eines Ortes IV. 612, s. Länge und Breite.
Geometrie, Vorbegriffe I. 3.
Georgsharfe, Sternbild, I. 275, 278, 280.
Geradeaufsteigung I. 228, 261—263.
Gesichtsfeld I. 110, II. 252; G. des bloßen Auges s. Sehen.
Gestirne, Sichtbarkeit der, I. 162; Größe der G. veranschaulicht IV. 37; s. Sterne.
Geviertschein s. Quadratur.
Giraffe, Sternbild, I. 273, 278.
Glas, den Alten bekannt, I. 139.
Gleichung I. 252; jährliche G. III. 300, IV. 68.
Globus des Himmels I. 188.
Gluckhenne I. 276.
Gnomon IV. 601; Aufstellung des G. IV. 602; G. mit durchbohrter Scheibe IV. 603.
Grabstichel, Sternbild, I. 275, 279.
Grad I. 5.
Gradmessungen s. Meridianbogen.
Gravitation s. v. a. allgemeine Anziehung.
Größenklassen der Fixsterne I. 283.
Güldene Zahl III. 311, IV. 542, 570; Bestimmung des Datums der kirchlichen Feste durch die g. Z. IV. 569.
Gyroskop III. 42.
Hafenzeit IV. 92.
Harmattan IV. 475.
Hase, Sternbild, I. 272, 279.
Hebe IV. 124. Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Hebungen des Bodens in historischer Zeit III. 93.
Hedschra IV. 566.
Heiden (Steppen) III. 49.
Heliocentrischer Ort II. 196.
Heliometer II. 53, IV. 639.
Heliotrop III. 291, Anm. 29.
Herbst IV. 454.
Herbstäquinoctium (Herbstnachtgleichenpunkt) I. 224.
Herkules, Sternbild, I. 272, 278, 284, 294, 302, II. 31; α I. 326, 336, 343, 395; β I. 326; η I. 420; $\varkappa$ I. 395.
Hestia IV, 145.
Himmel, aus festem Stoff (Ansicht der Alten) I. 207.
Himmelsatlanten I. 266.
Himmelsgegenden I. 185.
Himmelsglobus I. 188.
Himmelsräume, unvollkommene Durchsichtigkeit der I. 333.
Höhe von Orten der Erde III. 166; Höhen Afrika's III. 176; Amerika's III. 180; Asien's III. 177; Australien's III. 186; Europa's III. 166; Bestimmung der H. III. 155; graphische Darstellung der höchsten Gipfel III. 158; mittlere H. des gesammten festen Landes über dem

Meeresspiegel III. 187; correspondirende Höhen I. 196.
Höheneinheit eines Hafens IV. 92.
Hohlspiegel I. 67.
Horizont I. 183; Depression des H. IV. 613.
Horizontalparallaxe III. 316.
Horizontalwinkel I. 185.
Hörner des Mondes III. 301, des Merkur II. 445; der Venus II. 458.
Hügel III. 50.
Hund, der große, — Sternbild — I. 272, 279, 291; α s. Sirius; der kleine H. — Sternbild — I. 272, 279, 291; α s. Procyon.
Hyaden I. 276, 278, 291, 293, 295, 430.
Hygiea IV. 127, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Hyperion IV. 375.
Jacobsstab, Constellation von Sternen, I. 276, 291; J., ein Instrument, IV. 606.
Jagdhunde (Chara und Asterion), Sternbild, I. 273, 278; α s. Herz Carls II.
Jahr III. 3, IV. 537; die verschiedenen Sonnenj. IV. 537; tropisches J. I. 234, IV. 537; siderisches J. IV. 537; synodisches J. IV. 538; anomalistisches J. IV. 538; Länge des J. in Sterntagen I. 226; ob das J. in vorhistorischer Zeit aus einer runden Anzahl von Tagen bestanden hat IV. 584; das bewegliche J. IV. 539; das große J. IV. 586; das christliche J. alten und neuen Stils IV. 555; Unterschied zwischen den Daten des julianischen und gregorianischen J. IV. 555; das Zählen der J. vor der christlichen Zeitrechnung IV. 589; das ägyptische J. IV. 538; J. der Chinesen IV. 548; das griechische J. IV. 541; J. der Israeliten IV. 546; J. der Mohammedaner IV. 547; J. der Perser im 11. Jahrhundert IV. 550; das römische J. IV. 543; Anfang des J. IV. 556; Anfang des J. im republikanischen Kalender IV. 559.
Jahrbücher IV. 598.
Jahreszeiten IV. 424; Erklärung IV. 448; können die Kometen den Gang der J. abändern? IV. 501; Aenderungen der J. durch eine veränderte Lage der Erdpole IV. 83; Aenderungen der J. durch Veränderung der Schiefe der Ekliptik veranlaßt IV. 582.
Jahrhundert, Anfang des 19., IV. 590.
Jährliche Gleichung III. 300, IV. 68.
Japetus IV. 375.
Inder, Sternbild, I. 273, 279; ε II. 22.
Indiction IV. 560.
Instrumente, astronomische, I. 86, 220, 226, II. 36, 48, 91, IV. 600; Vortheile der vervollkommneten J. II. 42; Geschichtliches I. 133.
Irene IV. 129; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Iris IV. 125, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Isis IV. 143.
Isochrones Pendel IV. 41.
Isothermen IV. 467, 487.
Julianische Periode IV. 591.
Jungfrau, Sternbild, I. 271, 278, 279, 280, 291; α s. Spica; γ I. 395, 406, 407, 426; ε s. Vindemiatrix; k I. 336.
Juno IV. 122, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Jupiter IV. 263; Aussehn IV. 263; Bewegung II. 201, IV. 263; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 211; Umlaufszeit II. 201, IV. 264; Entfernung II. 201, IV. 118, 265; die übrigen Elemente der Bahn IV. 264; Atmosphäre IV. 271; Dichtigkeit IV. 35; Flecken IV. 267; Gestalt IV. 270; Größe IV. 34, 265; Lichtstärke des J. IV. 279; Vergleichung der Lichtintensitäten der Aequatoreal- und Polargegenden IV. 281; Masse IV. 29, 288; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem J. IV. 265; Monde s. Jupitersmonde; Rotation IV 267; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Streifen IV. 271; die Astronomie für einen Beobachter auf dem J. IV. 620.
Jupitersmonde IV. 282; ihre scheinbaren Bewegungen IV. 282; ihre wirklichen Bewegungen IV. 292; Entdeckung

IV. 284, 639; Farben IV. 307; Flecken IV. 301; Größe IV. 289; Veränderlichkeit der scheinbaren Größen IV. 305; Rotation IV. 301; Schatten der J. auf der Jupitersscheibe IV. 301; Sichtbarkeit der J. mit bloßen Augen IV. 298, I. 166; Verfinsterungen IV. 311; Bestimmung der Länge auf der Erde durch die Beobachtung der Verfinsterungen IV. 295; Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts durch die Verfinsterungen IV. 321; Vorübergänge der J. vor der Jupitersscheibe IV. 308.

Kalender IV 520, 521, 594; die julianische K.-Verbesserung IV. 543; die gregorianische K.-Verbesserung IV. 551; Einführungszeit des verbesserten K. bei den verschiedenen Völkern IV. 556; der immerwährende K. IV. 574.

Kälte, welche die Verdampfung begleitet, IV. 444; s. Wärme.

Karten, geographische, III. 260.

Katze, Sternbild, I. 279.

Keppler's Gesetze II. 199, IV. 639.

Klima, Klimate IV. 424, 481; strenges K. des nördlichen Amerikas IV. 464; Wirkungen der Meeresströmungen und Meere auf das K. IV. 480; Aenderungen des K. eines Ortes durch Arbeiten der Menschen IV. 496; Aenderungen des K. durch eine veränderte Stellung der Erde zur Sonne IV. 582; ob Umkehrung des K. durch neuere Erdrevolutionen IV. 497; numerische Angaben in Bezug auf die K. IV. 515.

Knoten, aufsteigender und niedersteigender, II. 226, 239; K. des Mondes III. 295; Aenderungen der Länge der K. II. 232.

Knotenlinien IV. 292.

Kohlensack II. 4.

Kometen II. 234; Beschaffenheit und Elemente der K.-Bahn II. 237; directe und retrograde Bewegung II. 240; Verzeichnisse II. 244; Verzeichniß aller berechneten K. II. 267, 418; Verzeichniß der K. mit parabolischen Elementen II. 310; die Mittel, zu bestimmen, ob ein K. schon früher da gewesen sei II. 246; wie die Periodicität zu erkennen ist II. 247; der Halley'sche K. II. 249, 369, IV. 22; Aenderungen des Aussehens des Halley'schen K. II. 326, 346, 383; der Encke'sche K. II. 256, IV. 25; der Gambart'sche oder Biela'sche K. II. 260, 352, 386, IV. 26; der Faye'sche K. II. 266; der Lexell'sche K. (vom Jahre 1770) II. 274, 380, 385, IV. 22; innere K. II. 276; der K. von de Vico II. 277; der K. von Brorsen II. 277; der K. von d'Arrest II. 278; der K. von Peters II. 278; der K. von 1843 II. 283, 390; der K. von 1819 II. 337, 366, 410; Perihelabstände einiger K. II. 290; mit bloßen Augen sichtbare K. II. 296; am hellen Tage sichtbare K. II. 280; Vorherverkündigung von K.-Erscheinungen II. 293; K. von langer Umlaufszeit II. 302; Anzahl der K. im Sonnensystem II. 316; Kern des K. II. 235; Aussehen und physische Beschaffenheit der K.-Kerne II. 332; Aenderungen der Constitution der K.-Kerne II. 338; Größe der K.-Kerne II. 340; Nebel- oder Dunsthülle der K. II. 235, 341; Kopf des K. II. 235; Veränderungen in der Masse des Kopfes der K. II. 343; Trennung der K. in mehrere Theile II. 350, 264; Schweif des K. II. 235; Gestalt und Beschaffenheit der K.-Schweife II. 354; Erklärungen der K.-Schweife II. 359; Rotationsbewegung der K. um die eigne Axe II. 365; ob das Licht der K. selbstleuchtend ist II. 366; gefärbte K. II. 381; Helligkeitsänderungen der K. II. 382; Massen der K. II. 385; Zusammenstoß eines K. mit der Erde II. 386, III. 281; ob jemals K. in die Sonne gestürzt seien II. 389; ob sich K. auf Fixsterne gestürzt haben II. 395; die Erde in einen K.-Schweif gerathend II. 397; ob die trocknen Nebel von 1783 und 1831 von K.-Schweifen herrühren II. 404; die Erde als Mond eines K. II. 411; Bewohnbarkeit der K. II. 416; ob die Sündflut durch einen K. herbeigeführt wurde III. 86; ob der Mond jemals einen Anstoß eines K. erlitten

habe III. 357; Störungen der K.-Bewegungen IV. 22; ob die K. den Gang der Jahreszeiten ändern können IV. 501.

Kornähre s. Spica.

Kräfte I. 35; Parallelogramm der K. I. 36.

Kranich, Sternbild, I. 273, 279.

Krebs, Sternbild, I. 271, 279; Krippe und Esel im K. s. d.; α und β I. 326; ζ I. 392, 395, 406, 407; ν und ι I. 395; R und S I 337.

Kreis I. 4; Gebrauch des K. I. 7, 16; Verhältniß des Durchmessers zum Umfang I. 10; Fläche des K. I. 15; Anwendung großer K. I. 16; deferirender K. II. 215.

Kreuz, das südliche, — Sternbild — I. 279; α I 304; β I. 305.

Krippe im Sternbild des Krebses I. 276; 430.

Krone, die nördliche, — Sternbild — I. 271, 278, 284, 302; α s. Gemma; γ I. 420; ζ I 395; η I. 406, 420; σ I. 406, 420; R I. 334, 336, 342; die südliche K. I. 272, 279.

Kugel I. 26.

Landwinde IV. 468.

Länge, astronomische, I 239, 263; geographische L. III. 57; Bestimmung der geodätischen L. III. 223, IV. 612; Bestimmung der L. auf der Erde durch Beobachtungen der Jupitersfinsternisse IV. 295.

Lätitia IV. 142.

Leda IV. 141.

Leitungsfähigkeit für die Wärme IV. 427.

Leukothea IV. 140.

Leyer, Sternbild, I. 271, 278, 284, 292, 302; α s. Wega; β I. 335, 336, 343, 395; ε I. 393; ζ I. 395; ϑ I. 396.

Libration des Mondes, die scheinbare, III. 320; die wirkliche L. III. 320; III. 358; Ursache der L. IV. 74.

Licht I. 64; Eigenschaften I. 64; Reflexion I. 65; Brennpunkt I. 66; Brechung I. 70; Gesetz der Brechung II. 71, IV. 639; Weg des L. durch Prismen I. 73; Durchgang des L. durch eine Linse I. 78; chromatische Abweichung des L. I. 91; Zerstreuung oder Dispersion des L. I. 91; Doppelbrechung I. 105, II 87; Stärke des L. in verschiedenen Entfernungen II 447; ein leuchtender Gegenstand von merklichem Durchmesser behält denselben Glanz in allen Entfernungen I. 117; Vergleichung des L. der Sterne mit dem der Sonne II. 140; Vergleichung zweier Lichter I. 168; wie stark muß ein L. sein, um ein anderes zu verdunkeln I. 168; absolute Helligkeit des L. I. 169; gleichförmiger Glanz einer Fläche von beträchtlicher Größe I 170; Messung der L.-Stärke der Sterne I. 311; Geschwindigkeit der L.-Strahlen verschiedener Farbe I 350; Geschwindigkeit des L. IV. 310; Einfluß des L. auf die beobachteten Umlaufszeiten der Jupitersmonde IV. 316; populäres Beispiel, die Bestimmung der Geschwindigkeit des L. aus den Jupitersfinsternissen zu versinnlichen IV. 318; Bestimmung der Geschwindigkeit des L. durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde IV. 321; Messung der Geschwindigkeit des L. durch Beobachtungen in geringen Abständen auf der Erde IV. 337; Bestimmung der Geschwindigkeit des L. durch Beobachtungen der Phasen des Algol und der veränderlichen Sterne überhaupt I. 352, IV. 343; Gleichheit der Geschwindigkeit des von verschiedenen Körpern ausgehenden L. IV. 333; Geschichtliches über die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des L. IV. 323, 640; ob das L. erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt III. 368.

Lichtadern der Sonne II. 83, 95.

Lineal, Sternbild, I. 275, 279.

Linie I. 3; Arten der L. I. 3.

Linsen (Vergrößerungsgläser) I. 77; verschiedene Arten von L. I. 83; achromatische L. I. 95; Vorkommen der L. bei den Alten I. 141.

Luchleine, Sternbild, I. 276, 279.

Loupen I. 87.

Löwe, Sternbild, I. 271, 279, 280, 291; α s. Regulus; β s. Denebola; γ I. 395, 406; R I. 336; der kleine L., Sternbild, I. 273, 278.

Loxodrome III. 264.
Luchs, Sternbild, I. 274, 278: Nr. 12. I. 392.
Luft, Erwärmung der, IV. 444; s. Atmosphäre.
Luftballon, Sternbild, I. 276, 280.
Luftpumpe, Sternbild, I. 274, 279.
Lunation III. 295.
Lustrum IV. 560.
Lutetia IV. 133, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Magellan's Wolken I. 468.
Maja I. 429.
Malerstaffelei, Sternbild, I. 275, 279.
Mänalus, Berg, — Sternbild — I. 274, 278.
Markab I. 279, 290.
Mars IV. 100; Aussehen IV. 100; Stellung zur Sonne IV. 100; scheinbare Bewegung IV. 100; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 210; Umlaufszeit IV. 102, II. 201; tägliche Bewegung II. 201; Entfernung II. 201, IV. 102, 118; die übrigen Elemente IV. 102; Größe IV. 103, IV. 34; Lichtgestalten IV. 104; Flecken IV. 105; Rotation IV. 105; Abplattung IV. 108; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem M. IV. 102; Jahreszeiten IV. 109; Farbe IV. 42; Atmosphäre IV. 113.
Massalia IV. 132, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Masse der Sonne s. Sonne.
Massen, herabgefallene staubartige, IV. 174.
Materie, Verdichtung derselben beim Uebergang in Sterne I. 450.
Mauerkreis I. 221, IV. 69.
Mauerquadrant, Sternbild, I. 276, 278.
Mechanik I. 35.
Medusenhaupt, Constellation von Sternen, I. 276, 278, 290.
Meer, Tiefe des, III. 90; mittlere Temperatur des M. in verschiedenen Breiten IV. 459.
Megrez I. 289.
Melpomene IV. 131, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Merak I. 289.
Meridian I. 194, 214, III. 9, 57; Bestimmung des M. I. 194; Bestimmung durch correspondirende Höhen I. 196; genaue Bestimmung durch die Bewegung der Sterne I. 201.
Meridianbogen, Princip der Messung eines, III. 10; Bestimmung der Größe der M. III. 243, IV. 639.
Meridianebene I. 195, 214.
Meridianfernrohr I. 226; IV. 639
Meridiankreis s. Mauerkreis.
Merkur II. 430; Phasen II. 430; Bewegung um die Sonne II. 430, 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 208; Umlaufszeit II. 201, 433; Entfernung II. 201, 441, IV. 118, 441; Größe II. 441, IV. 34; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem M. II. 446; Rotation II. 445: physische Constitution II. 442; Kenntniß der Alten vom M. II. 435; die Astronomie für einen Beobachter auf dem M. IV. 618.
Merope I. 429.
Meteore, kosmische, IV. 153; Historisches über die Erklärung der M. IV. 256; herabgefallene staubartige Massen IV. 174.
Meteorsteine IV. 153, 154; Niederfälle von M. IV. 155; Ursprung der M. IV. 180; Unfälle durch M. veranlaßt IV. 186.
Metis IV. 126, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Metrisches System IV. 60.
Mikrometer I. 111, Gebrauch II. 48; M. v. Bergkrystall II. 85, IV. 639; Faden-M. I. 111, II. 51, IV. 639; neues Faden-M. II. 65; Platten-M. IV. 639; Lampen-M. II. 63; M. mit leuchtenden Bildern II. 67; Objectiv-M. II. 67; Perlmutter-M. II. 68; Positions-M. II. 62; Prismen-M. II. 58; Projections-M. II. 60; M. von Ramsden II. 57.
Mikroskop I. 115; einfaches (Loupen) I. 87; M., Sternbild, I. 275, 279.

Milchstraße II. 3; Anblick und Lage II. 3; Ansichten der Alten II. 5; Erklärung der Neuzeit II. 7; Aichung der M. II. 10; ob die Gestalt der M. Veränderungen unterworfen ist II. 15; M. höherer Ordnung II. 17; Entfernung der M. von der Erde II. 17.
Mimas IV. 375.
Minute I. 5, 6.
Mittag, der mittlere und wahre, I. 248.
Mittagsfernrohr I. 226, IV. 639.
Mittagslinie III. 59.
Mizar I. 290, 395.
Monate IV. 529; Namen der M. in Bezug auf den Mond III. 308; das Merken der M. von 30 und 31 Tagen IV. 591; die M. der Aegypter IV. 530; Griechen IV. 531; Römer IV. 532; im republikanischen Kalender IV. 536.
Mond (der Erde) III. 293; Bewegung des M. III. 293, 322; Elemente der Bewegung III. 322; Störungen in der Bewegung III. 299, 321; Ursache der Störungen in der Bewegung IV. 66; Störungen der Bewegung durch die Abplattung der Erde IV. 69; Secular-gleichung der Bewegung IV. 72, 86; die verschiedenen Umlaufszeiten III. 322; Dauer der Umlaufszeit des M. III. 298; Phasen s. Mondphasen: Alter des M. III. 307; Wiedererscheinen des M. nach dem Neumond III. 312; Entfernung des M. von der Erde III. 312, 322; Parallare III. 313; Größe III. 322; IV. 34; Rotation III. 318; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Libration s. d.; Berge des M. III. 323; Bestimmung der Höhe der Berge III. 326; Gruithuisen's Festungswerke auf dem M. III. 335; Aussehen der Randgegenden der M.-Scheibe III. 335; Veränderungen in der M.-Welt III. 336; Ausschnitte in Wallgebirgen und pickförmige Gipfel III. 337; Erfolge der Anwendung der stärksten Vergrößerungen in Bezug auf den M. III. 337; ob Wasser auf dem M. vorhanden III. 340; ob der M. von einer Atmosphäre umgeben ist III. 341; Karte der M.-Oberfläche III. 347; ob der M. jemals einen Anstoß eines Kometen erlitten habe III. 357; ob der M. jemals ein Komet gewesen sei III. 359; Natur und Helligkeit des M.-Lichtes III. 360; Polarisation des M.-Lichtes III. 366; ob das M.-Licht erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt III. 368, IV. 635; Erklärung des aschfarbnen M.-Lichts III. 372; Helligkeit und Farbe des aschfarbnen M.-Lichts III. 375; physische Beschaffenheit der von der Erde aus unsichtbaren M.-Hälfte III. 383; Tag und Nacht auf dem M. III. 385; thätige Vulkane auf dem M. III. 386; Einfluß des M. auf die Wolken unserer Atmosphäre III. 396; Einwirkung des M. auf lebende Wesen III. 398; Einfluß des M. auf die Regentage III. 204; Einfluß des M. auf die Erdatmosphäre III. 406; Einfluß des M. auf die Windrichtung III. 409: Finsternisse des M. s. Finsternisse und Mondfinsternisse; die astronomischen Erscheinungen für einen Beobachter auf dem M. IV. 624.
Mondalter III. 307.
Monde des Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun s. d.
Mondfinsternisse III. 432; die Rolle der Erdatmosphäre bei den M. III. 453; s. Finsternisse.
Mondkarte III. 347.
Mondparallare III. 313.
Mondphasen III. 301, 412; Einfluß der M. auf Aenderungen des Wetters III. 412.
Mondzeiger IV. 570.
Morgenstern II. 451.
Moussons IV. 470.
Nächte, Dauer der, IV. 481; s. Tag.
Nachtgleichenpunkte I. 224, 243, II. 205; Zurückweichen der N. I. 226, II. 206.
Natir I. 184.
Nautische Astronomie IV. 613.
Nebelflecke I. 428; Natur der N. I. 432; Geschichtliches I. 434; N. in der Adromeda und im Orion I. 434, 452. auflösliche N. I. 436; kreis- oder kugelförmige N. I. 436; Anzahl der Sterne in gewissen kugelförmigen N. I. 438; ringförmige und spiralförmige

N. I. 439; Verbreitung der N. I. 440; Zusammenhang der N. mit den umliegenden Räumen I. 441; die sternärmsten Gegenden befinden sich neben den reichsten N. I. 441; Gestalt der großen schimmernden N. I. 443; Licht der N. I. 444; Vertheilung und Aenderungen des Lichtes in den N. I. 446; Umwandlung der N. in Sterne I. 448; Vergleichung des Lichtes der N. und des condensirten Fixsternlichtes I. 451; Veränderungen einiger N. I. 452; planetarische N. I. 453; Zusammenhang zwischen N. und Doppelsternen I. 467.
Nebelsterne I. 455.
Nebenplaneten s. v. a. Monde.
Neigung der Ebene einer Bahn II. 228, 239; Aenderung der N. II. 232.
Nemausa, Asteroïd IV. 645.
Neptun IV. 408; Aussehen IV 408; Bewegung II. 201; IV. 408; Umlaufszeit II. 201; IV. 408; Entfernung II. 201; IV. 118, 408; die übrigen Elemente IV. 408; Größe IV. 409; IV. 34; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem N. IV. 409; Masse IV. 29, 409; Dichtigkeit IV. 35, 409; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 409; Geschichte der Entdeckung IV. 410; ältere Beobachtungen des N. IV. 423.
Netz, rhomboidisches, — Sternbild — I. 274, 279.
Nonius I. 193.
Nord I. 185; astron. I. 196.
Nordpol des Himmels I. 198, 213.
Normale III. 8.
Nüchthemeron I. 229.
Nutation der Erdaxe IV. 79, 640.
Nysa IV. 144.
Oase III. 48.
Oberfläche der Erde s. Erdoberfläche.
Objectiv, Objectivglas I. 88, 418.
Observatorium IV. 631.
Octant, Mondphase, III. 295; O., Instrument, IV. 609; O., Sternbild, I. 275, 279.
Ocular, Ocularglas, Ocularlinse I. 88, 418; Vergrößerung des O. I. 98.
Ofen, chemischer, — Sternbild — I. 274, 280.
Olympiade IV. 560.
Ophiuchus, Sternbild, I. 272, 278, 280; o I. 395; τ I. 407, 420.
Opposition II. 191; IV. 101, 263, 348; O. des Mondes III. 294.
Optik I. 64.
Orientirung der Objecte I. 196.
Orion, Sternbild, I. 272, 278, 280, 291, 292, 293, 295; Gürtel des O. s. Jacobsstab; Nebelfleck im O. I. 434, 452, 456; α s. Betelgeuze; β s. Riegel; γ s. Bellatrix; δ I. 394; ε I. 313; ζ I. 395, 407; ϑ I. 393; π I. 313.
Ost I. 185, astron. I. 196.
Osterfest, Bestimmung des, IV. 566.
Pales IV. 146.
Pallas IV. 121, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Pampas III. 49.
Parabel I. 32; II. 240, 289.
Paradiesvogel, Sternbild, I. 273, 279.
Parallatisch II. 36, 37.
Parallaxe, der Sonne s. Sonnenparallaxe; jährliche P. der Fixsterne I. 366; Geschichtliches I. 374.
Parallelkreise (Parallele) am Himmelsglobus I. 198, 258; P. am Erdglobus III. 58.
Parallellinien I. 22.
Parallelogramm der Kräfte I. 36.
Parthenope IV. 127, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Partiale Finsterniß III. 430.
Paß III. 51.
Passageninstrument s. Mittagsfernrohr.
Passatwinde IV. 471.
Pegasus, Sternbild, I. 272, 278, 290; α s. Markab; β s. Scheat; μ I. 309, 314; q I. 310; R I. 337.
Pendel I. 51; isochrones P. IV. 41, synchrones P. IV. 43; P. auf Uhren angewandt I. 54; IV. 639; Bestimmung der Schwere auf der Oberfläche der Erde durch das P. IV. 40; Länge des Secunden.-P. an verschiedenen Orten IV. 54.
Perigäum, der Sonne, I. 235, 237; P. des Mondes III. 297; Bewegung des P. um die Sonne I. 250; IV. 639.
Perikel II. 204, 227, 237; Aenderun-

gen der Länge des P. I. 250; II. 232; IV. 639.
Perihelдistanz II. 237.
Perijovien IV. 292.
Periodische Umlaufszeit s. v. a. tropische U.
Periodische Ungleichheiten IV. 17.
Perseus, Sternbild, I. 272, 278, 290; α s. Algenib; β s. Algol; ε I. 394; η I. 394; e I. 310; m I. 394.
Perspectiv IV. 638.
Perturbationen IV. 21.
Pfau, Sternbild, I. 273, 279.
Pfeil mit Bogen, Sternbild, I. 272, 278.
Pferd, das kleine, — Sternbild — I. 272, 278, 293.
Phasen des Mondes III. 301, 412; P. der untern Planeten II. 192; P. des Merkur II. 430; P. der Venus II. 456.
Phegda I. 289, 309.
Phocäa IV. 134, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Phönix, Sternbild, I. 273, 279.
Photometer I. 311, 312, 321.
Photosphäre der Sonne II. 84, 289.
Planet II. 182; die kleinen P. zwischen Mars und Jupiter s. Asteroiden; obere, untere P. II. 183, IV. 100; äußere, innere P. II. 183; Entdeckung der P. II. 185; Bewegung der P. II. 182; scheinbare Bewegung der P. von der Erde aus gesehen II. 188; scheinbare Bewegung der P. bezogen auf die scheinbare Bewegung der Sonne II. 191: wahre Bewegung II. 195; Störungen in den Bewegungen IV. 16; die Stillstände und Rückläufe II. 208; die mittlere tägliche Bewegung II. 201; Umlaufszeiten II. 201; Entfernungen II. 201; Gesetz der Entfernungen von Titius IV. 118; die Bahnen der P. II. 226; IV. 19; Zusammenstellung der Elemente der Bahnen der P. II. 201, 229; Massen der P. IV. 28; Dichtigkeiten der P. IV. 34; Schwere auf der Oberfläche der P. IV. 36; Zeit, innerhalb welcher die P. bei aufgehobener Tangentialkraft in die Sonne stürzen würden III. 272.
Planetensystem einiger Vorgänger des Ptolemäus II. 218; P. des Ptolemäus II 219; P. des Kopernikus II. 219, IV. 639; des Tycho Brahe II. 224; P. nach den gegenwärtigen Kenntnissen II. 225
Planetoid s. Asteroid.
Plejaden I. 166, 276, 278, 291, 293, 294, 295, 429, II. 26; η s. Alcyone.
Plejone I. 429.
Pol des Himmels I. 198, 213; unveränderliche Lage der Erdpole IV. 83.
Polarisation des Lichtes II. 90.
Polariskop II. 91.
Polarkreise IV. 483.
Polarstern I. 269, 289, 309, 373, II. 22, 23.
Polhöhe I. 204.
Pollux I. 268, 291, 305, 313, 398.
Polyhymnia IV. 139, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Pomona IV. 138, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Positionswinkel I. 404, II. 62.
Präcession (der Nachtgleichen) I. 206, 226, 281, IV. 76, 639.
Präsepe s. Krippe.
Prisma I, 74; Weg des Lichtes durch P. I. 74; achromatisches P. I. 94.
Problem der drei Körper IV. 17.
Procyon I. 268, 291, 304, 310, 313, II. 23.
Projection III. 261.
Proeminenzen s. Protuberanzen.
Proserpina IV. 135; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Protuberanzen III. 487.
Psyche IV. 130, Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Quadrant, der englische, IV. 607.
Quadratur II. 191, 232, IV. 101, 263, 348; Q. des Mondes III. 295.
Rabe, Sternbild, I. 272, 279.
Räder, gezähnte, I. 44.
Radiusvector II. 199.
Rechtläufig s. Direct.
Rectascension I. 228, 261, 263.
Reflexion des Lichtes I. 65.
Reflexionsinstrumente IV. 607.

Reflexionskreis IV. 611, 639.
Reflexionssextant IV. 639.
Reflexionsteleskop IV. 639.
Reflexionswinkel I. 65.
Reflector s. Spiegelteleskop.
Refraction, astronomische, III. 150.
Refractor s. Fernrohr.
Regulus I. 268, 291, 292, 305, 313, 395.
Rennthier, Sternbild. I. 275, 278.
Repetitionskreis III. 200, IV. 612, 639.
Retrograde Bewegung II. 189, 208, 240, IV. 101.
Rhea IV. 375.
Rigel I. 268, 304, 313, 394.
Rillen des Mondes III. 333.
Ringförmige Finsterniß III. 431.
Römerzinszahl IV. 560.
Rotation der Erde s. Erde.
Rückläufig s. retrograd.
Säculum s. Seculum.
Saidak s. Alkor.
Samum IV. 477.
Saros, Periode von, III. 450.
Satellit s. v. a. Begleiter oder Mond.
Saturn IV. 347; Aussehen IV. 348; Bewegung um die Sonne IV. 348, II. 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 211; Umlaufszeit II. 201, IV. 349; Entfernung II. 201, IV. 118, 349; die übrigen Elemente IV. 349; Größe IV. 350, 34; Masse IV. 29, 350; Dichtigkeit IV. 35, 350; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 350; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem S. IV. 350; Streifen und Atmosphäre IV. 366: Rotation, Gestalt und Abplattung IV. 368; Ringe IV. 351; Entdeckung der Ringe IV. 356; Entstehung der Ringe IV. 380; Rotation der Ringe IV. 375; Monde des S. IV. 371, I. 165; Entdeckung der Monde IV. 372; die Astronomie für einen Beobachter auf dem S. IV. 623.
Savannen III. 49.
Scepter, das brandenburgische, — Sternbild — I. 276, 280.
Scheat (Sheat) I. 269, 337.
Schiefe der Ekliptik I. 223; Aenderung der S. I. 223, IV. 583.
Schiff (Argo), Sternbild, I. 272, 279; α s. Canopus; η: I. 304, 335, 345, 440; Nr. 2151: II. 22.
Schild des Sobiesky, Sternbild, I. 274, 280; R: I. 336.
Schlange, Sternbild, I. 272, 278, 280; α I. 395; δ I. 395; R I. 336; S I. 337; die südliche S., Sternbild, I. 273, 279.
Schlangenträger s. Ophiuchus.
Schneegrenze IV. 495.
Schwan, Sternbild, I. 272, 278, 292, 294; α s. Deneb; γ I. 313; ζ I. 313; χ I. 334, 336, 396; ψ I. 396; Nr. 61: I. 373, 396, 406, 411; II. 22, 23.
Schwere auf der Erdoberfläche IV. 39; am Erdäquator IV. 640; an verschiedenen Orten der Erde IV. 57; auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten IV. 36.
Schwertfisch, Sternbild, I. 279.
Schütze, Sternbild, I. 271, 279, 280, 295; α und γ I. 326; ζ I. 329.
Secularänderungen der Elemente II. 231.
Secularstörungen IV. 17.
Seculum IV. 561.
Secunde I. 5, 6.
Secundenpendel, Länge desselben an verschiedenen Orten der Erde IV. 54.
Sedimentäre Gesteine III. 61.
Seecompaß s. Boussole.
Seewinde IV. 468.
Sehen, das, I. 95; Dauer der Empfindung des Sehens I. 119; Beobachtung schwacher Gegenstände I. 120; Feld des natürlichen S. I. 122, I. 177; Empfindlichkeit des Auges beim S. der Sterne I. 165.
Selenographie III. 348.
Semum IV. 477.
Sextant, Instrument, IV. 610; S., Sternbild, I. 273, 279, 280.
Siderische Umlaufszeit II. 200.
Sirius I. 269, 291, 293, 304, 310, 313, 321, 373, 398, II. 22, 23.
Sirocco IV. 478.
Skorpion, Sternbild, I. 271, 280, 293, 295, 323; β I. 395; ξ I. 392.
Solano IV. 478.
Solstitien I. 224, 243, II. 206.
Sommer IV. 454.
Sommersolstitien I. 204, 224.

Sonne II. 46; Messung der S.-scheibe II. 48; zweifache scheinbare Bewegung der S. I. 217; scheinbare eigne (jährliche) Bewegung der S. I. 218, 220, 243; eigne Winkelbewegung der S. I. 234, 247; Geschwindigkeit der S. bei ihrer scheinbaren eignen Bewegung I. 235; die S. läuft scheinbar in einer Ellipse um die Erde I. 235; Kugelgestalt der S. II. 76; Entfernung der S. von der Erde s. Erde; Rotation der S. II. 79; Geschichtliches über die Rotation II. 101, IV. 639; wirkliche eigene Bewegung der S. s. Sonnensystem; Parallaxe der S. III. 281; die zur Bestimmung der S.-Parallaxe geeigneten Venusdurchgänge III. 276; Parallaxe der S. aus den Ungleichheiten der Mondbewegung hergeleitet IV. 71; Größe der S. IV. 34; Masse IV. 29; Bestimmung der Masse IV. 14; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Aequator der S. II. 81; Neigung des Aequators gegen die Ebene der Ekliptik II. 104; Zunahme der Länge des aufsteigenden Knotens des Aequators II. 165; Schnelligkeit der Veränderungen auf der S.-Oberfläche II. 113; die Photosphäre der S. II. 84, 289; Lichtadern oder Narben der S. II. 83, 121; Theorie der physischen Beschaffenheit der S. II. 84; Geschichtliches über diese Theorie II. 127; Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der S. II. 151; absolute Intensität des S.-Lichtes, verglichen mit irdischen Lichtquellen II. 152; Vergleichung des Lichtes der Sterne mit dem Lichte der S. I. 321, II. 140; Vergleichung der Lichtintensität an verschiedenen Punkten der S.-Scheibe II. 147; Temperaturen der verschiedenen Punkte auf der S.-Scheibe II. 153; ob die S. bewohnt sei II. 160; die Astronomie für einen in der S. befindlichen Beobachter IV. 616; die mittlere und wahre S. I. 246.

Sonnencyclus IV. 578.

Sonnenfackeln II. 78, 120; Erklärung der S. II. 95.

Sonnenferne s. Aphel.

Sonnenfinsterniß III. 430; die Dunkelheit während der totalen S. III. 458; Färbung der Gegenstände der Erdoberfläche bei einer S. III. 460; Einfluß des plötzlichen Ueberganges von Tag in Nacht bei S. auf Menschen und Thiere III. 463; die den Mond umgebende leuchtende Corona bei totalen S. III. 470; Protuberanzen III. 487; s. Finsternisse.

Sonnenflecken II. 76; Geschichtliches II. 96, IV. 639; besondere Eigenthümlichkeiten der S. II. 81; Prüfung der von den S. gegebenen Theorie mittelst der Polarisationserscheinungen II. 87; Beobachtung der S. II. 109; Anzahl, Größe und Gestaltsveränderungen der S. II. 104; Kern der S. II. 114; Farbe der Kerne der S. II. 135; Hof oder Halbschatten der S. II. 82, 116; Gegend, in welcher die S. auftreten II. 100, 123; Erklärung der S. II. 124; Einfluß der S. auf die Temperatur an der Erdoberfläche II. 154; Zusammenhang der S. mit den Schwankungen der Magnetnadel II. 159.

Sonnenjahre, die verschiedenen, IV. 537.

Sonnennähe s. Perihel.

Sonnenstrahlen, reflectirte, IV. 437; absorbirte und durchgelassene S. IV. 438; Erwärmung durch die S. IV. 435; Zusammensetzung und chemische Wirkung der S. IV. 436.

Sonnensystem II. 46; Beziehung zwischen der eignen Bewegung des S. und den Bewegungen der Fixsterne II. 26; Historisches über die Translationsbewegung des S. II. 28; Richtung der Translationsbewegung II. 30.

Sonnentafeln I. 246.

Sonnentag I. 232; ungleiche Länge der S. I. 244.

Sonnenuhren I. 39, IV. 605; Aufstellung der S. IV. 605.

Sonnenwendepuncte I. 221.

Sonntagsbuchstabe IV. 573; Berechnung des S. IV. 578.

Sothisperiode IV. 541.

Spiegelteleskop I. 123; S. von Newton I. 124, IV. 639; S. von Gregory I.

125, IV. 639; S. von Rosse I. 139; Geschichtliches I. 133; Bestimmung der Güte der S. I. 418, IV. 405.
Spiralfedern, isochronische, IV. 639.
Stationär s. Stillstand.
Steinbock, Sternbild, I. 271, 280, 295; α und δ I. 326.
Steppen III. 48.
Sterne (Fixsterne) I. 162; Wirkungen der Fernröhre auf die Sichtbarkeit der St. I. 163; Empfindlichkeit des Auges beim Sehen der St. I. 165; Helligkeit der teleskopischen Bilder der St. I. 171; Erscheinungen, welche sich auf die Sichtbarkeit der St. bei Tag und Nacht beziehen I. 173; Sichtbarkeit der St. in Brunnen I. 176; Sichtbarkeit der St. bei Tage I. 278; Funkeln der St. I. 181; die St. durchlaufen die Parallelkreise mit gleichförmiger Geschwindigkeit I. 199; Bezeichnung der St. I. 268; Vertheilung der in den ältern Verzeichnissen enthaltenen St. in die verschiedenen Größenklassen I. 283; Eintheilung der St. in Klassen, je nach dem Grade ihrer Helligkeit I. 304; Anzahl der mit bloßen Augen sichtbaren St. I. 306; Anzahl aller St., die wahrgenommen werden können I. 306; Helligkeitsverhältnisse der St. verschiedener Größe I. 308; Entfernung der schwächsten St. I. 314; scheinbare Durchmesser der St. I. 316; wirkliche Durchmesser der St. I. 320; Bestimmung der Durchmesser der St. mittelst der Bedeckungen III. 445; ob das Licht der St. veränderlich sei I. 322; Vertheilung der St. am Himmel I. 330; ob die Anzahl der St. unbegrenzt sei und ob das Licht durch ein zwischen den St. und der Erde befindliches Mittel geschwächt werde I. 331; St. von abnehmender Helligkeit I. 326; St. von zunehmender Helligkeit I. 329; verschwundene St. I. 327; veränderliche (periodische) St. 334; wer zuerst die veränderlichen St. erwähnt hat I. 337; genauere Nachrichten über einige veränderliche St. I. 338; Erklärung der Helligkeitsänderungen bei den veränderlichen St. I. 347; Wichtigkeit der Beobachtung der veränderlichen St. I. 349; neue St. I. 333; die neuen St. von 1572, 1604, 1670 und 1848: I. 354—357; Erklärungen der neuen St. I. 358; mehrfache St. I. 389; Geschichtliches über die mehrfachen St. I. 422; Doppelst. s. d.; dreifache St. I. 392; vierfache St. I. 393; vielfache St. I. 393; Erklärung der Färbung der vielfachen St. I. 396, 399; ob die Färbungen der vielfachen St. unveränderlich sind I. 401; Wahrscheinlichkeitsrechnung in Betreff der vielfachen St. I. 420; Entdeckung der blauen St. I. 398, 437; die Massen der St. I. 409; Verdichtung der diffusen Materie in St. I. 450; eigne Bewegung der St. II. 22; Geschichtliches über die eigne Bewegung der St. II. 24; Mittelpunct, um welchen sich die St. bewegen II. 25.
Sternbilder I. 267; Anzahl der St. I. 270; äußere Umrisse der St. I. 277; St. des Thierkreises I. 280; Anzahl der in den alten St. enthaltenen St. I. 283; Hülfsmittel, die St. kennen zu lernen I. 287; Zeit, zu welcher die St. eingeführt wurden I. 292; Versuche, neue St. statt der alten einzuführen I. 296.
Sternhaufen I. 429.
Sternkarten I. 266, 285.
Sternschnuppen IV. 153, 231; St.-Erscheinungen in den einzelnen Monaten IV. 236.
Sterntag I. 216, 232.
Sternuhr I. 260.
Sternverzeichnisse I. 263; Aufstellung eines St. I. 257.
Sternwarten IV. 631.
Sternzeit I. 260.
Stier, Sternbild, I. 271, 278, 280, 284, 291, 295, 302; α s. Aldebaran; η s. Alcyone; Hyaden s. d.; Plejaden s. d.; β I. 291, 310; ζ I. 310; φ I. 394.
Stier des Poniatowsky, Sternbild, I. 275, 278.
Stillstand in der scheinbaren Bewegung eines Planeten II. 208, 212; IV. 101.

Störungen der Mondbewegung III. 299, 321; IV. 66—74; IV. 86; St. der Planetenbewegungen IV. 16: St. in den Kometenbewegungen IV. 22; seculare St. IV. 17.
Stoßwerk s. Echappement.
Strahlungsvermögen der Körper IV. 430.
Stunden, Zählen derselben bei den verschiedenen Völkern I. 230.
Stundenkreise I. 215, 258.
Sucher I. 126.
Süd I. 185; astron. I. 196.
Südpol des Himmels I. 198, 213.
Suha s. Alkor.
Synchrones Pendel IV. 43.
Synodischer Umlauf III. 294.
Syzygien III. 294.
Tafelberg, Sternbild, I. 275, 279.
Tag I. 228; Anfang des T. zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Völkern I. 231; Länge des T. I. 240; Unveränderlichkeit der Dauer des T. IV. 84; Länge der Tage und Nächte, abhängig von der Declination der Sonne I. 240; Dauer der Tage und Nächte an verschiedenen Orten der Erde und zu verschiedenen Zeiten IV. 481.
Tägliche Bewegung I. 186, 213; Meinung der Alten über dieselbe I. 206.
Talita I. 289, 373; II. 22, 23.
Tania I. 289.
Taube, Sternbild, I. 274, 279.
Taygeta I. 429.
Teleskop s. Fernrohr und Spiegelteleskop.
Temperatur IV. 425; bewegliches T.-gleichgewicht IV. 429; mittlere T. IV. 446; die periodischen T.-Erniedrigungen im Februar und Mai IV. 456; constanter Werth der mittlern T. für alle Punkte eines bestimmten Horizontes des Festlandes IV. 458; Unterschiede zwischen den mittlern T. in Städten und auf freiem Felde IV. 458; mittlere T. des Meeres in verschiedenen Breiten IV. 459; Unterschiede zwischen den mittlern T. der nördlich und südlich vom Aequator ähnlich gelegenen Orte IV. 461; Erklärung dieses Unterschiedes IV. 463; Erklärung der T.-Unterschiede zwischen den Ost- und Westküsten der beiden Continente IV. 464; wird in Zukunft das ganze Jahr hindurch gleiche T. herrschen? IV. 581.
Thal III. 51.
Thalia IV. 134; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Themis IV. 135; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 202.
Theodolit I. 192; I. 211, Anm. 1.
Thermometer IV. 425; IV. 638.
Thetis IV. 131; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Thetys IV. 375.
Thierkreis I. 280; II. 184; Zeichen des T. I. 282.
Thierkreislicht II. 170; Geschichtliches II. 172; Erklärung des T. II. 174; Farben des T. II. 177.
Titan IV. 375.
Titius' Gesetz IV. 117.
Totale Finsterniß III. 430.
Trabant so v. a. Mond.
Tropen IV. 454.
Tropici IV. 483.
Tropischer Umlauf I. 234; III. 322; IV. 537.
Uhr, Sternbild, I. 274, 279.
Uhren I. 39—63; Gewichte der U. I. 47; nach mittlerer Zeit gehende U. I. 253.
Uhrzeiten, Vergleichung der, III. 242.
Umdrehung (Rotation) der Erde s. Erde.
Umlauf, Umlaufszeit s. siderisch, tropisch, synodisch, anomalistisch.
Untergangspunkt I. 185.
Urania IV. 137; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Uranographische Miscellen IV. 615.
Uranus IV. 385; Aussehen des U. IV. 385; Bewegung um die Sonne IV. 385, II. 201; Umlaufszeit II. 201, IV. 386; Entfernung II. 201, IV. 118, 386; die übrigen Elemente IV. 386; Masse IV. 29, 386; Dichtigkeit IV. 35, 386; Schwere auf der Oberfläche IV. 36, 386; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf dem U. IV. 386; Größe IV. 395,

34; Gestalt und Umdrehung IV. 397; Geschichte der Entdeckung IV. 386; ältere Beobachtungen des U. IV. 393; Monde des U. IV. 398.
Variation III. 300; IV. 68.
Venus II. 448; Aussehen der V. II. 448; Bewegung II. 448, 201; Darstellung der Bewegung durch Epicykeln II. 208; Umlaufszeit II. 201, 450; Entfernung II. 201, 450, 453; IV. 118; die übrigen Elemente II. 450; Masse IV. 29; Dichtigkeit IV. 35; Schwere auf der Oberfläche IV. 36; Stärke des Lichtes und der Wärme der Sonne auf der V. II. 470; Kenntniß der Alten von der V. II. 450; Durchgänge der V. von der Sonnenscheibe II. 452; Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne mittelst dieser Durchgänge III. 272; die zu dieser Bestimmung geeigneten Durchgänge III. 276; Größe der V. II. 453; IV. 34; Phasen II. 456; IV. 639; Rotation II. 458; Flecken II. 459; Berge II. 462; Atmosphäre II. 464; Sichtbarkeit der V. bei Tage II. 468; das secundäre Licht der V. II. 470; Mond der V. II. 472.
Vergrößerung I. 102—109, 130, 418; V.-gläser bei den Alten I. 141.
Vernier I. 193; IV. 638.
Verticale I. 184.
Vesta IV. 123; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Victoria IV. 128; Entfernung, Umlaufszeit und tägliche Bewegung II. 201.
Vindemiatrix I. 269.
Virginia IV. 147.
Vulkane III. 108; gegenwärtig thätige V. III. 108; V. auf den Inseln um Afrika III. 114; V. Amerika's III. 119; V. Asien's III. 116; V. Australien's III. 127; V. Europa's III. 110.
Waage, Sternbild, I. 271, 278, 280, 293, 295; β I. 329.
Wächter I. 289.
Wagen I. 271.
Walfisch, Sternbild, I. 272, 278, 280; α und β I. 326; o I. 334, 336, 338.
Wärme IV. 426; Mittheilung der W. durch Berührung IV. 427; Mittheilung der W. durch Ausstrahlung IV. 428; Erkaltung der Körper durch Ausstrahlung ihrer W. IV. 430; Strahlungs- und Absorptionsvermögen der Körper IV. 430; Eigenschaften der W.-Strahlen, welche den aus irdischen Quellen stammenden Lichtstrahlen beigemegt sind IV. 439; W.-Capacität des Wassers IV. 441; specifische, freie und latente W. des Eises, flüssigen Wassers und Wasserdampfes IV. 443; Erwärmung der Luft IV. 444; die Sonne sendet beiden Halbkugeln der Erde gleiche W.-Mengen zu IV. 461: s. Sonnenstrahlen.
Wasser und Wasserdampf in Bezug auf Wärmeerscheinungen s. Wärme.
Wassermann, Sternbild, I. 271, 278, 280, 295; R I. 336.
Wasserschlange (weibliche), Sternbild, I. 272, 279; α I. 337; Nr. 30: I. 334, 336; die männliche W., Sternbild, s. südliche Schlange.
Wasserströme, Wirkung derselben auf die Bildung der Erdoberfläche, III. 81.
Wasseruhren I. 41.
Wega I. 269, 292. 304, 310, 313, 315, 373; II. 22, 23.
Weltaera IV. 562.
Weltaxe I. 198, 209; Bestimmung der Lage der W. I. 204; Ansichten der Alten über die W. I. 209.
Weltpol s. Nordpol (astron.).
Wendekreise IV. 483.
West I. 185; astron. I. 196.
Wetter IV. 424.
Wetteranzeigen III. 410.
Widder, Sternbild, I. 271, 278, 280, 284, 295, 302; α I. 394; ϵ I. 420.
Winde IV. 468; Land- und See.-W. IV. 468; Entstehung durch Druck oder Saugen IV. 474; Geschwindigkeit der verschiedenen W. IV. 478: Einfluß der Bergketten und Hochebenen auf die Fortpflanzung der W. IV. 479; Einfluß des Mondes auf die W.-Richtung III. 409.
Winkel I. 17—24; Repetition der W. IV. 639.
Winkelbewegung I. 37; eigne W. der Sonne I. 234, 247.
Winkelmaaß, Sternbild, I. 275, 279.

Winter IV. 454.
Wintersolstitium I. 204, 224.
Woche IV. 522; die Rangordnung der W.-Tage nach den Astrologen IV. 526; der 1. Tag der W. IV. 528; die Namen der Tage der W. bei den verschiedenen Völkern IV. 529.
Wolf, Sternbild, I. 272, 279; μ I. 392.
Wolke, große, — Sternbild — I. 274, 279; kleine W., Sternbild, I 279.
Wüste III. 48.
Zahl, güldene, s. Güldene Zahl.
Zeichen des Thierkreises I. 282.
Zeit, mittlere, I. 246; mittlere Z. im wahren Mittage I. 251; Messung der Z. durch die Bewegung der Sonne IV. 600; Messung der Z. bei den Alten I. 39, 40, 248.
Zeitmaaße I. 38; Einheiten der Z. I. 228.
Zeitmessung der Alten während der Nacht I. 40.
Zeitrechnung der Russen IV. 555; Z. der Mohammedaner IV. 547, IV. 566; s. Jahr.
Zenith I. 184.
Zirkel, Sternbild, I. 275, 279.
Zodiakallicht s. Thierkreislicht.
Zodiakus s. Thierkreis.
Zonen der Erdoberfläche IV. 483; die kalten Z. IV. 483; arktische und antarktische Z. IV. 483; heiße, tropische Z. IV. 454, 483; nördliche und südliche gemäßigte Z. IV. 484; die königliche Z. II. 100.
Zwillinge, Sternbild, I. 271, 279, 280, 291, 295; α s. Castor; β s. Pollux; δ I. 395; ζ I. 337; d I 310; g I. 310; H I. 310.
Zusammenkunft s. Conjunction.

Berichtigungen.

Band XI.

S. 469 Die Zahlen der Anmerkungen 1 und 2 sind zu vertauschen.

Band XII.

S. 31 Zeile 6 von oben anstatt südliche lies nördliche.

Band XIII.

S. 87 Zeile 8 von oben anstatt gehen lies gegen.
S. 179 Zeile 9 von unten anstatt Klutschaw lies Klutschew.

Band XIV.

S. 129 Zeile 2 von oben anstatt Egceria lies Egeria.
S. 164 Zeile 20 von oben anstatt Juillac lies Juliac.
S. 168 Zeile 15 von unten anstatt 3 lies 9.
S. 173 Zeile 6 von unten anstatt Achen lies Aachen.
S. 263 Zeile 4 von oben anstatt Anblick lies Aussehen.
S. 361 Zeile 2 von unten anstatt Minehoad lies Mainehead.
S. 370 Zeile 3 von unten anstatt Bessell lies Bessel.
S. 376 Zeile 14 und 21 von oben anstatt 12 lies 32.
S. 549 Zeile 15 von oben anstatt 365¹/₂ lies 365¹/₄.
S. 639 Zeile 4 von oben anstatt Kreismikrometer lies Plattenmikrometer.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Arago, François

Populäre Astronomie

Bd.: 4

Leipzig (1859)